

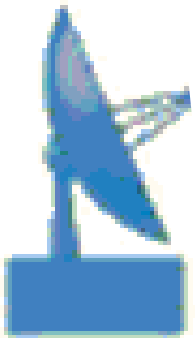
Software para el análisis estadístico de los datos de vigilancia (ADS-B).



Ciudad México
Abril 2015

Vigilancia dependiente automática (ADS)

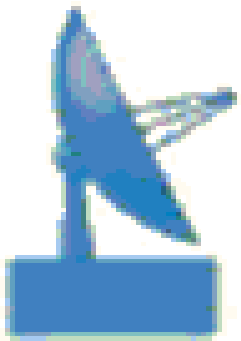
Transmisión desde aeronave (1090 MHz)



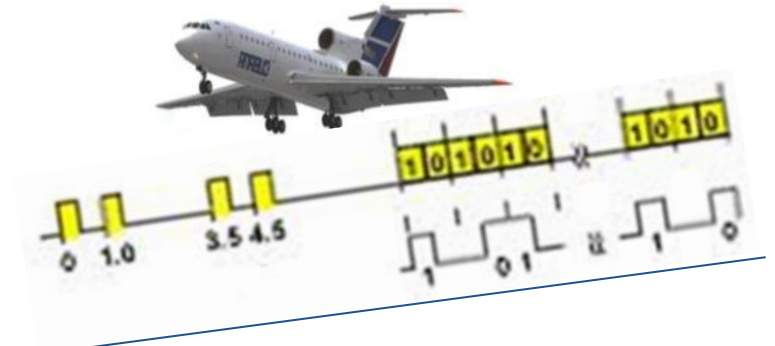
RDP

OACI define el ADS-B como *“una técnica de vigilancia en la que se transmiten parámetros, tales como la posición, track y velocidad respecto al suelo, mediante un enlace de datos radiodifundido y a intervalos de tiempo específicos de tal modo que puedan ser empleados por cualquier usuario tanto en tierra como en el aire que los requiera”*.

Estructura general ADS-B

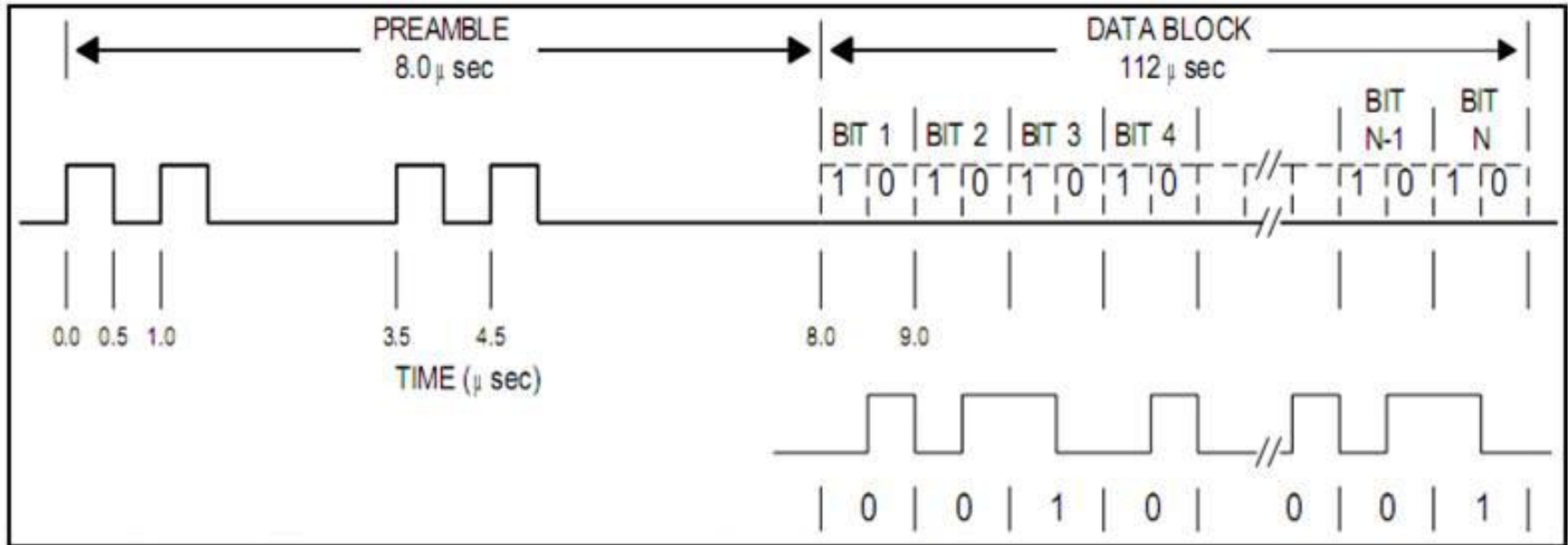


RDP



3

Formato del mensaje ADS-B



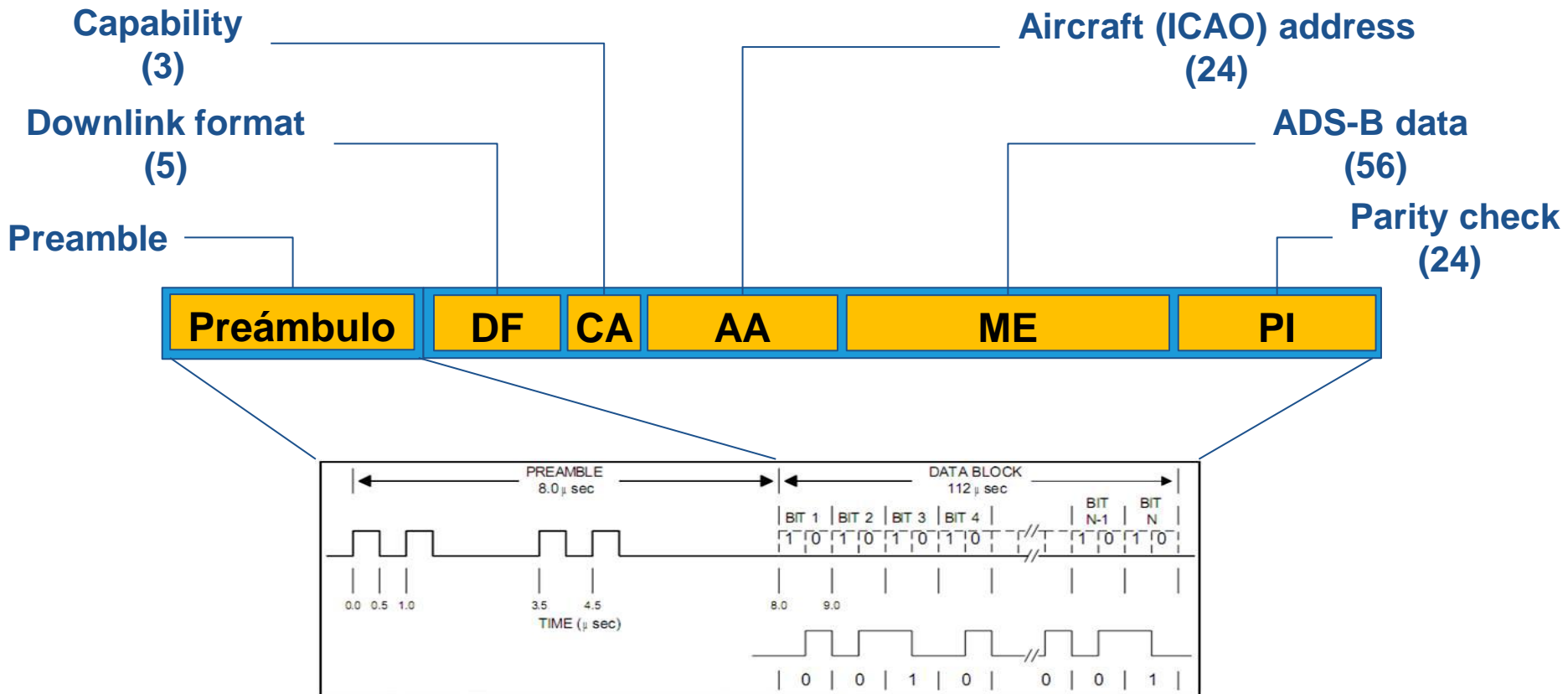
Total 120 μs

Rango de Datos: 1 Mbps

Modulación: PPM (*Pulse Position Modulation*)

Pulsos transmitidos en la 1ra o 2da mitad del periodo de bit (indicando 1 o 0 respectivamente).

Formato del mensaje ADS-B



Preamble: Es una secuencia especial de bits que permite al receptor identificar y sincronizar el comienzo del mensaje ADS-B.

Downlink format (DF): Indica el tipo de mensaje transmitido.

Capability (CA): Indica la capacidad del transponder Modo S.

Aircraft (ICAO) address (AA): Código único de 24 bits que identifica cada aeronave.

ADS-B data (ME): Contiene los datos del mensaje ADS-B.

Parity check (PI): Código de detección de errores que permite al receptor determinar los errores en los mensajes recibidos.

Ejemplos de datos ADS-B

| Airborne Position | | Tx: 2/1s |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Cant. Bits | Contenido | |
| 5 | Format Type Code | |
| 2 | Surveillance Status | |
| 1 | NIC Supplement-B (§A.1.4.2.5) | |
| 12 | Altitude | |
| 1 | Time (T) | |
| 1 | CPR Format (F) | |
| 17 | CPR Encoded Latitude | |
| 17 | CPR Encoded Longitude | |
| Total: 56 bits | | |

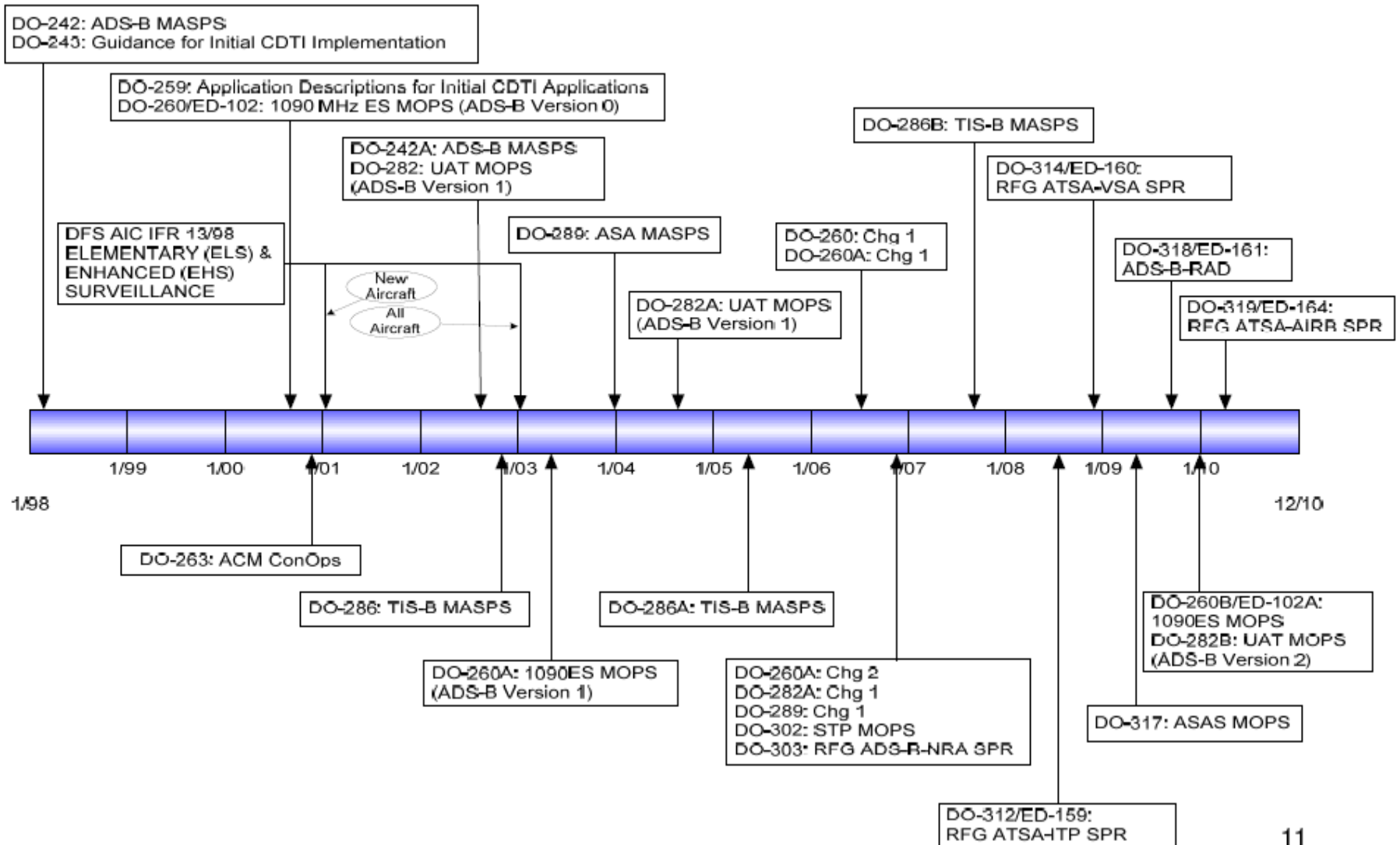
| Surface Position | | Tx: 1/5 s 2/1s |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Cant. Bits | Contenido | |
| 5 | Format Type Code | |
| 7 | Movement | |
| 1 | Status for Heading | |
| 7 | Heading | |
| 1 | Time (T) | |
| 1 | CPR Format (F) | |
| 17 | CPR Encoded Latitude | |
| 17 | CPR Encoded Longitude | |
| Total: 56 bits | | |

| Identification and Category | | Tx: 1/10s 1/5s |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Cant. Bits | Contenido | |
| 5 | Format Type Code | |
| 3 | Aircraft Emitter Category | |
| 6 | Character 1 | |
| 6 | Character 2 | |
| 6 | Character 3 | |
| 6 | Character 4 | |
| 6 | Character 5 | |
| 6 | Character 6 | |
| 6 | Character 7 | |
| 6 | Character 8 | |
| Total: 56 bits | | |

Evolución DO-260

| Capability | DO-260 | DO-260A | DO-260B | Comments |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NUC (Navigation Uncertainty Code) | ✓ | | | Baseline |
| Mode A Code | | ✓ | ✓ | Support legacy ATC infrastructure |
| NACp (Navigation Accuracy Code for Position) | | ✓ | ✓ | Replaced NUC |
| SIL (Surveillance Integrity Level) | | ✓ | | Replaced NUC |
| NIC (Navigation Integrity Code) | | ✓ | ✓ | Replaced NUC |
| Revise SIL to become Source Integrity Level & add: SDA (System Design Assurance) | | | ✓ | Clearly separates the reporting to reflect equipment certification levels and navigation source fault detection capability |
| Revise NIC/NAC/SIL and add GVA (Geometric Vertical Accuracy) | | | ✓ | To improve vertical accuracy, decouple vertical from NIC/NAC/SIL and add GVA |
| Add ADS-B IN bits | | | ✓ | Enhancement to show both UAT IN and 1090ES IN receiver equipage |
| Changes to the Target State Report | | | ✓ | To better align with available aircraft data |
| Offer non-diversity antenna options for small aircraft | | | ✓ | Lower cost of equipage for General Aviation |
| Revise latency requirement (limit extrapolation) | | | ✓ | Enhancement |
| New guidance on how to determine NACv | | | ✓ | Fix |
| New guidance on how to select the best position/state vector sources | | | ✓ | Fix |
| Changes to the Mode A Code transmission rates | | | ✓ | Improvements and squitter efficiencies |
| Redefine TCAS status bits | | | ✓ | Fix |
| Fixes and improvement to NIC reporting and modified surface movement field for airport surface | | | ✓ | Improvements for Surface applications |

Evolución DO-260



Asterix

Cat 21: Reportes ADS-B.

Cat 23: Mensajes de
Servicio de Estaciones
CNS/ATM en tierra.

Diferencias ASTERIX Cat 21

v0.26 y v1.80

Edition : 0.26


Edition Date : 27 June 2005

| FRN | Data Item | Information | Length |
|-----|-----------|--------------------------------------|--------|
| 1 | I021/010 | Data Source Identification | 2 |
| 2 | I021/040 | Target Report Descriptor | 1+ |
| 3 | I021/030 | Time of Day | 3 |
| 4 | I021/130 | Position in WGS-84 co-ordinates | 6 |
| 5 | I021/080 | Target Address | 3 |
| 6 | I021/140 | Geometric Altitude | 2 |
| 7 | I021/090 | Figure of Merit | 2 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 8 | I021/210 | Link technology | 1 |
| 9 | I021/230 | Roll Angle | 2 |
| 10 | I021/145 | Flight Level | 2 |
| 11 | I021/150 | Air Speed | 2 |
| 12 | I021/151 | True Air Speed | 2 |
| 13 | I021/152 | Magnetic Heading | 2 |
| 14 | I021/155 | Barometric Vertical Rate | 2 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 15 | I021/157 | Geometric Vertical Rate | 2 |
| 16 | I021/160 | Ground Vector | 4 |
| 17 | I021/165 | Rate of Turn | 1+ |
| 18 | I021/170 | Target Identification | 6 |
| 19 | I021/095 | Velocity Accuracy | 1 |
| 20 | I021/032 | Time of day accuracy | 1 |
| 21 | I021/200 | Target Status | 1 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 22 | I021/020 | Emitter Category | 1 |
| 23 | I021/220 | Met report | 1+ |
| 24 | I021/146 | Intermediate State Selected Altitude | 2 |
| 25 | I021/148 | Final State Selected Altitude | 2 |
| 26 | I021/110 | Trajectory Intent | 1+N*15 |
| 27 | I021/070 | Mode 3/A Code | 2 |
| 28 | I021/132 | Signal Amplitude | 1 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 29 | - | Spare bits set to zero | - |
| 30 | - | Spare bits set to zero | - |
| 31 | - | Spare bits set to zero | - |
| 32 | - | Spare bits set to zero | - |
| 33 | - | Spare bits set to zero | - |
| 34 | RE | Reserved Expansion Field | 1+ |
| 35 | SP | Special Purpose Field | 1+ |
| FX | - | Field extension indicator | - |

Edition : 1.8

Edition Date : January 2011

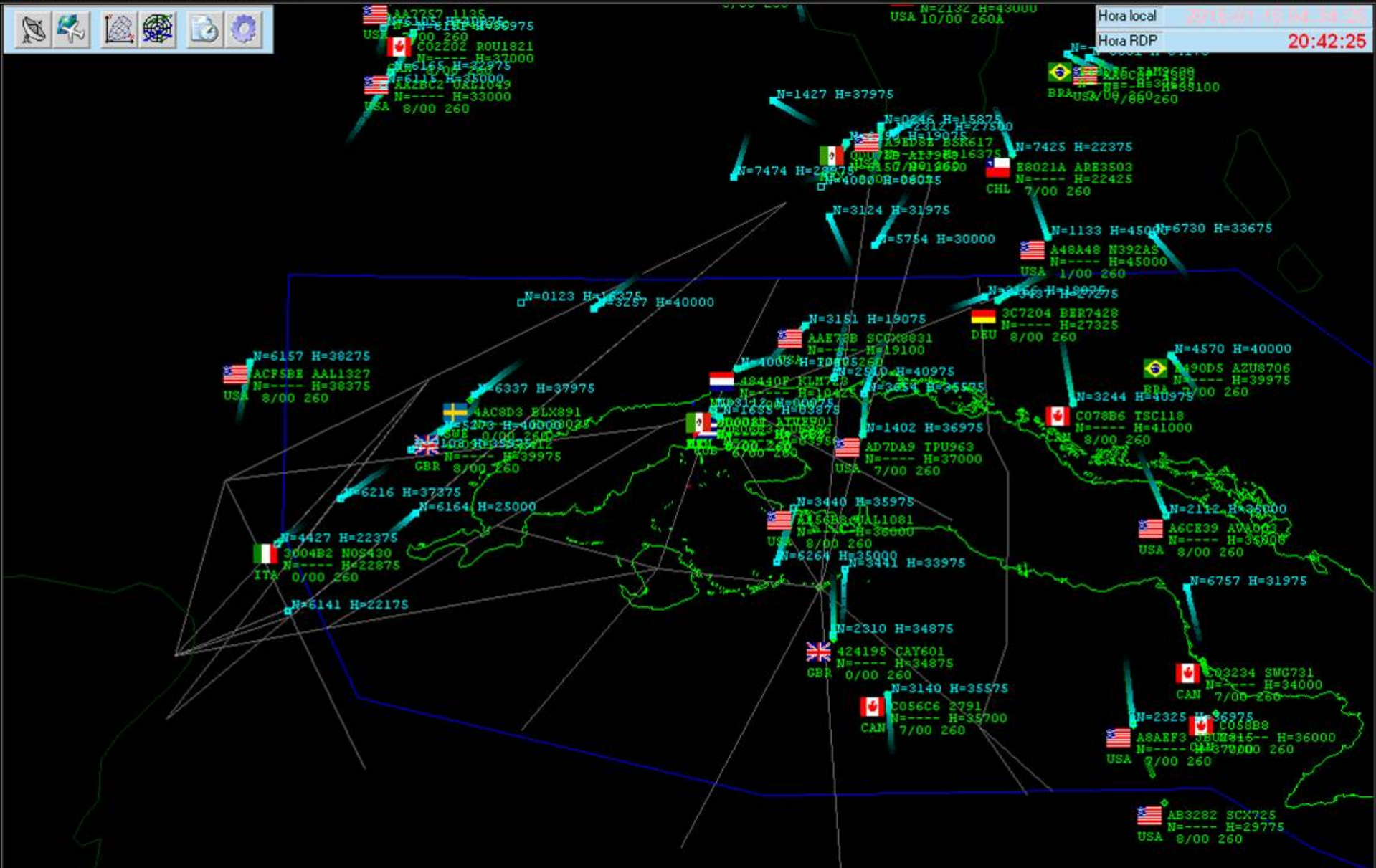
| FRN | Data Item | Information | Length |
|-----|-----------|------------------------------------------------------|--------|
| 1 | I021/010 | Data Source Identification | 2 |
| 2 | I021/040 | Target Report Descriptor | 2+ |
| 3 | I021/161 | Track Number | 2 |
| 4 | I021/015 | Service Identification | 1 |
| 5 | I021/071 | Time of Applicability for Position | 3 |
| 6 | I021/130 | Position in WGS-84 co-ordinates | 6 |
| 7 | I021/131 | Position in WGS-84 co-ordinates, high res. | 8 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 8 | I021/072 | Time of Applicability for Velocity | 3 |
| 9 | I021/150 | Air Speed | 2 |
| 10 | I021/151 | True Air Speed | 2 |
| 11 | I021/080 | Target Address | 3 |
| 12 | I021/073 | Time of Message Reception of Position | 3 |
| 13 | I021/074 | Time of Message Reception of Position-High Precision | 4 |
| 14 | I021/075 | Time of Message Reception of Velocity | 3 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 15 | I021/076 | Time of Message Reception of Velocity-High Precision | 4 |
| 16 | I021/140 | Geometric Height | 2 |
| 17 | I021/090 | Quality Indicators | 1+ |
| 18 | I021/210 | MOPS Version | 1 |
| 19 | I021/070 | Mode 3/A Code | 2 |
| 20 | I021/230 | Roll Angle | 2 |
| 21 | I021/145 | Flight Level | 2 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 22 | I021/152 | Magnetic Heading | 2 |
| 23 | I021/200 | Target Status | 1 |
| 24 | I021/155 | Barometric Vertical Rate | 2 |
| 25 | I021/157 | Geometric Vertical Rate | 2 |
| 26 | I021/160 | Ground Vector | 4 |
| 27 | I021/165 | Track Angle Rate | 2 |
| 28 | I021/077 | Time of Report Transmission | 3 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 29 | I021/170 | Target Identification | 6 |
| 30 | I021/020 | Emitter Category | 1 |
| 31 | I021/220 | Met Information | 1+ |
| 32 | I021/146 | Intermediate State Selected Altitude | 2 |
| 33 | I021/148 | Final State Selected Altitude | 2 |
| 34 | I021/110 | Trajectory Intent | 1+ |
| 35 | I021/016 | Service Management | 1 |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 36 | I021/008 | Aircraft Operational Status | 1 |
| 37 | I021/271 | Surface Capabilities and Characteristics | 1+ |
| 38 | I021/132 | Message Amplitude | 1 |
| 39 | I021/250 | Mode S MB Data | 1+N*8 |
| 40 | I021/260 | ACAS Resolution Advisory Report | 7 |
| 41 | I021/400 | Receiver ID | 1 |
| 42 | I021/295 | Data Ages | 1+ |
| FX | - | Field extension indicator | - |
| 43 | - | Not Used | - |
| 44 | - | Not Used | - |
| 45 | - | Not Used | - |
| 46 | - | Not Used | - |
| 47 | - | Not Used | - |
| 48 | RE | Reserved Expansion Field | 1+ |



**Software para el análisis
estadístico de los
reportes de vigilancia.**

Pantalla Principal

Chequeo de Estacion de VIGILANCIA. v1.0.2



Pantalla Principal

Chequeo de Estacion de VIGILANCIA. v1.0.2



Hora local 2016-01-18 04:37:53
Hora RDP 01:57:44



Facilidades del software

Flexibilidad en la configuración de los canales y los protocolos de entrada de los datos de vigilancia.

Configuración de datos de Vigilancia

Fuente de datos de radar

Nombre

Información **Canal de Entrada** **Protocolo** **Sistemas**

UDP FILE Almacenar datos.

PC Local

Puerto

Dir. IP

Tx PC Remota

Puerto

Dir. IP

Estado

RX Bytes/s **0**

Buffer OverSize **0**

Configuración de datos de Vigilancia

Fuente de datos de radar

Nombre

Información **Canal de Entrada** **Protocolo** **Sistemas**

ASTERIX PPI

Sistemas de vigilancia

MSSR ADS-B MLAT

Monoradar target Reports

Habilitado

| Cat. | Ver. | Pkt RX | Pkt Error |
|------|------|--------|-----------|
| 048 | 1.21 | 0 | 0 |
| 034 | 1.26 | 0 | 0 |

LLC

DLE

STX

ETX

Recibe los datos :
UDP/TCP, RS-232 y ficheros.

| Cat | Ver. | Pkt RX | Pkt Error |
|-----|------|--------|-----------|
| 048 | 1.21 | 0 | 0 |
| 034 | 1.26 | 0 | 0 |

| Cat | Ver. | Pkt RX | Pkt Error |
|-----|-------|--------|-----------|
| 048 | 1.14 | | |
| 048 | 1.15 | | |
| 048 | 1.17 | | |
| 048 | 1.20 | | |
| 048 | 1.21 | | |
| 034 | 1.26 | | |
| 021 | v0.23 | | |
| 021 | v1.4 | | |
| 021 | v1.8 | | |
| 021 | v2.1 | | |
| 023 | v0.11 | | |
| 023 | v1.2 | | |
| 020 | v1.5 | | |
| 020 | v1.8 | | |
| 019 | v1.1 | | |
| 019 | v1.2 | | |
| 019 | v1.3 | | |

Facilidades del software

Representación personalizada de los parámetros transmitidos por las aeronaves.

RADAR ADS-B Tamaño de etiqueta 8

Trazas

Simbolo [v]

Color [v]

Radio 2 [v]

Trayecto 600 [v]

Degradado

Etiqueta

Radio 3 [v]

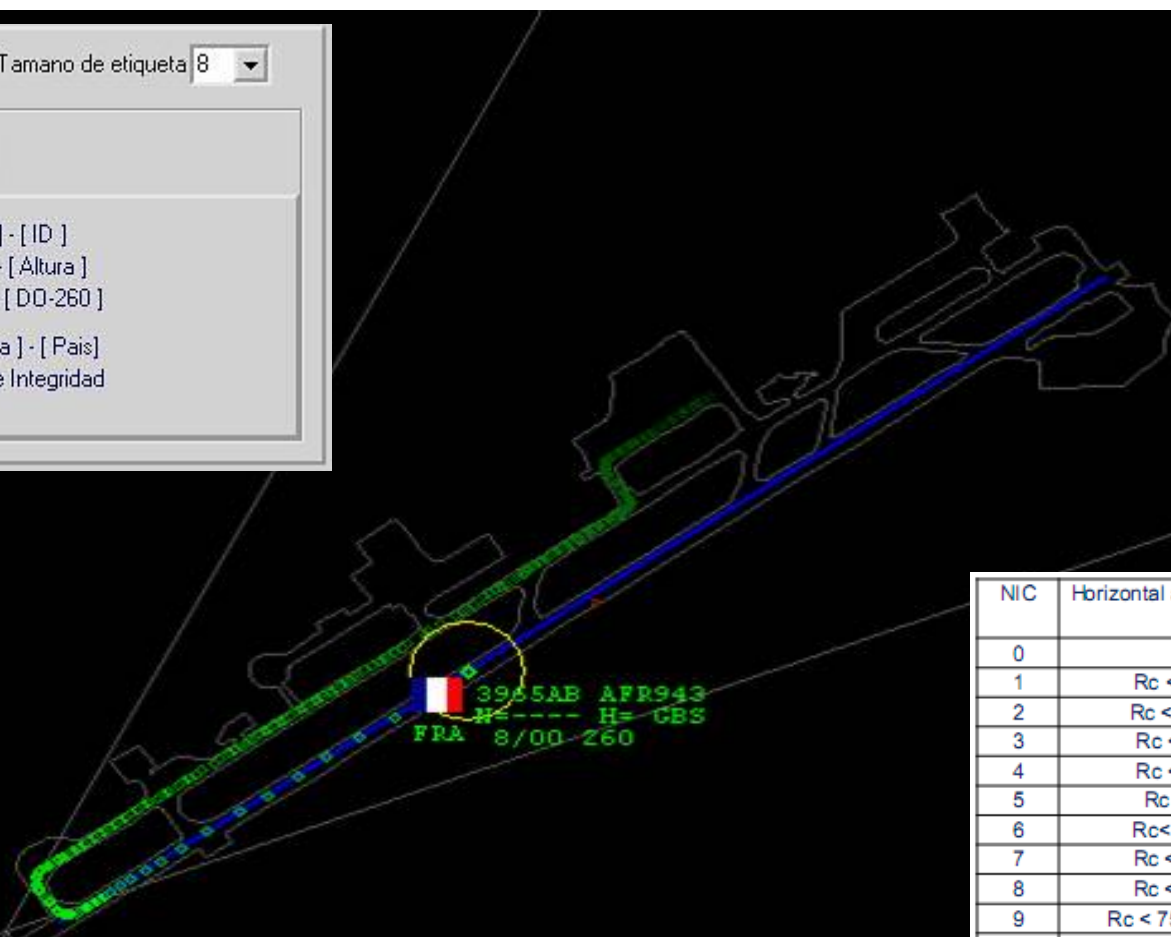
[24 Bits OACI] - [ID]

[Modo 3/A] - [Altura]

[NIC / PIC] - [DO-260]

[Bandera] - [Pais]

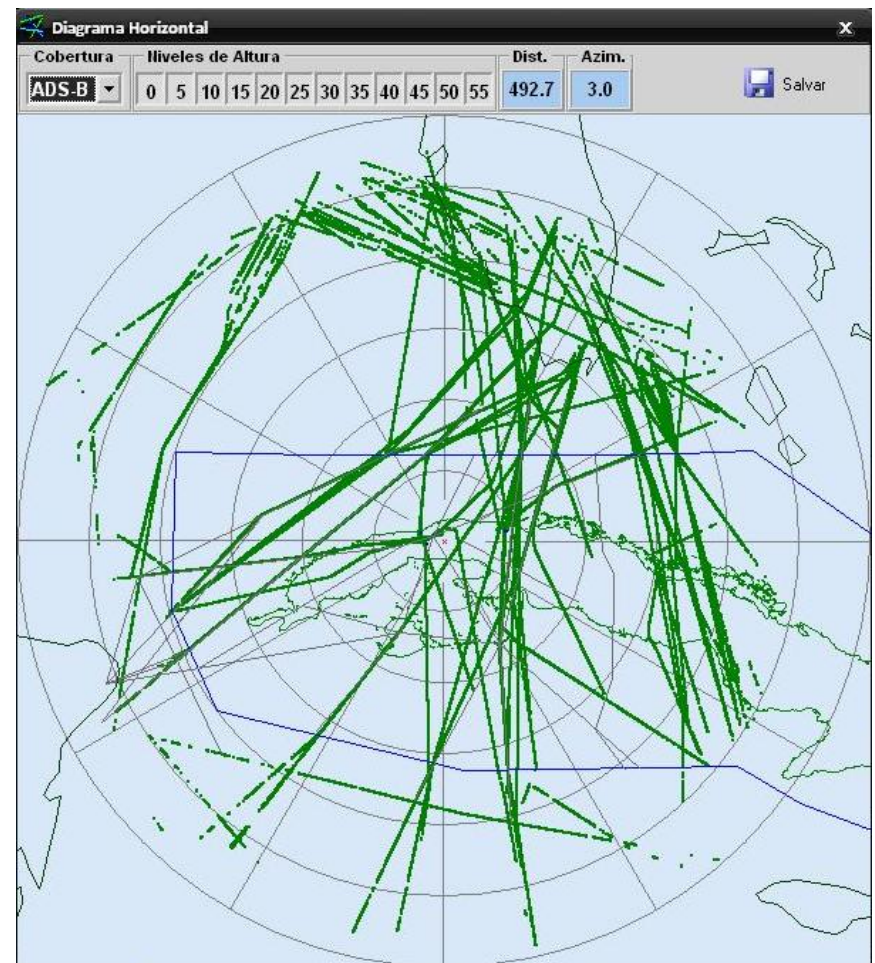
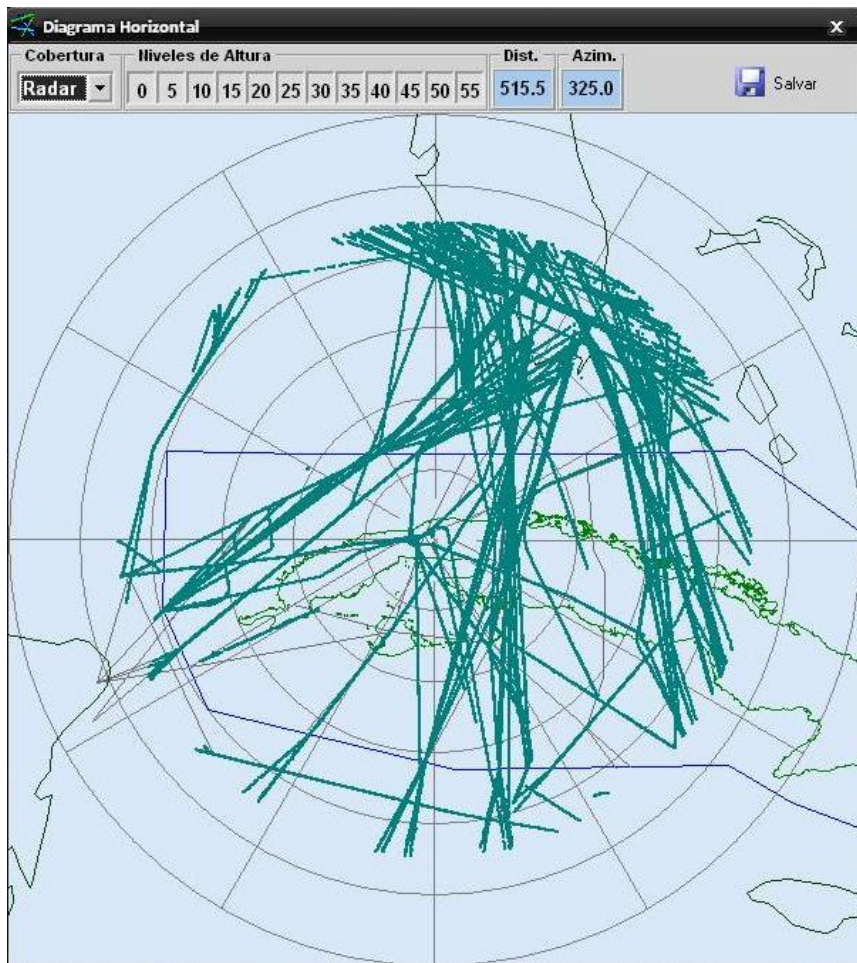
Radio de Integridad



| NIC | Horizontal and Vertical Containment Bounds |
|-----|--------------------------------------------|
| 0 | Unknown |
| 1 | Rc < 37.04 km (20 NM) |
| 2 | Rc < 14.816 km (8 NM) |
| 3 | Rc < 7.408 km (4 NM) |
| 4 | Rc < 3.704 km (2 NM) |
| 5 | Rc < 1852 m (1 NM) |
| 6 | Rc < 1111.2 m (0.6 NM) |
| 7 | Rc < 370.4 m (0.2 NM) |
| 8 | Rc < 185.2 m (0.1 NM) |
| 9 | Rc < 75 m and VPL < 112 m |
| 10 | Rc < 25 m and VPL < 37.5 m |
| 11 | Rc < 7.5 m and VPL < 11m |

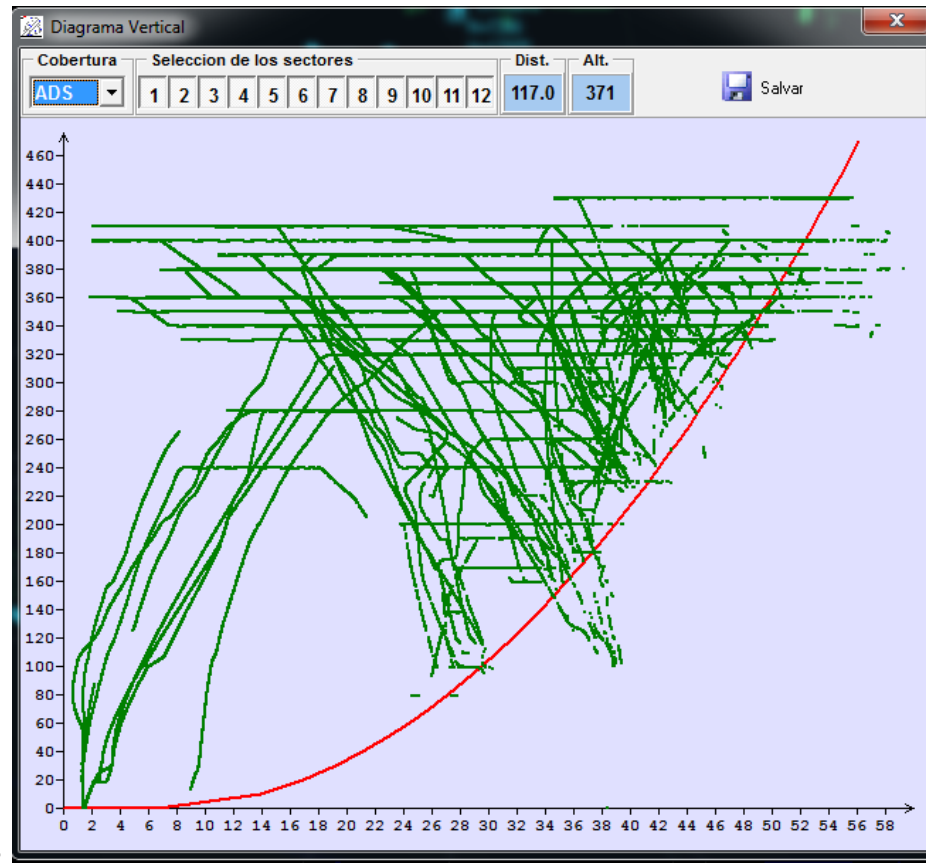
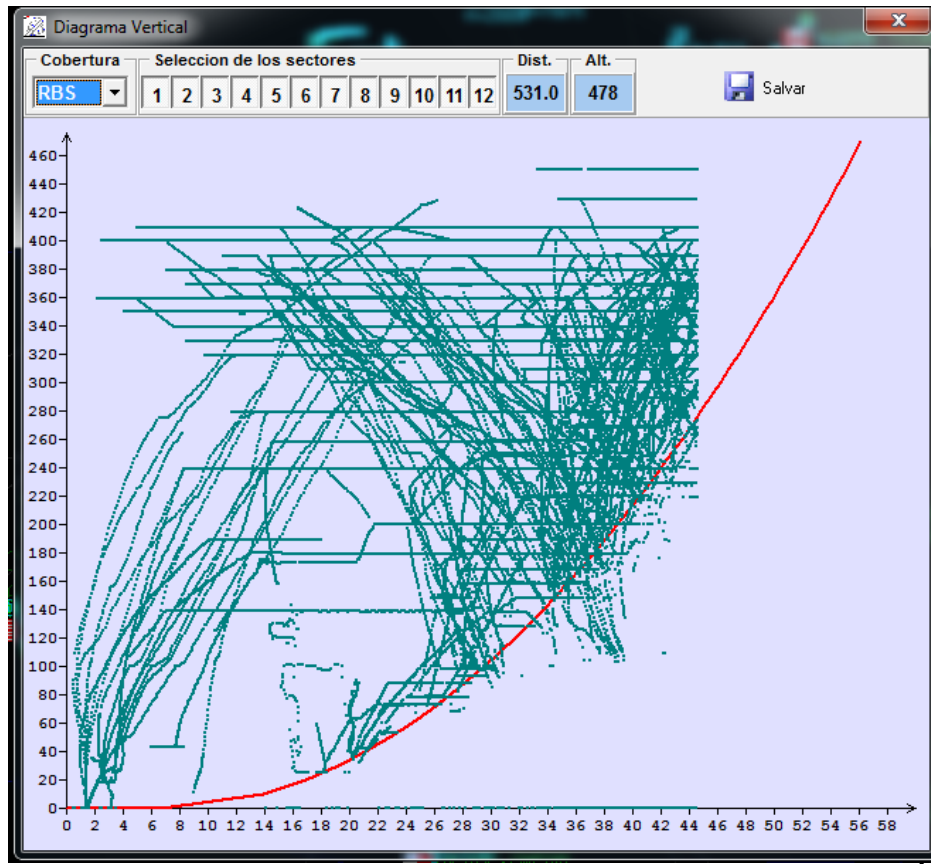
Facilidades del software

Análisis de la cobertura en la estación de radiolocalización en el diagrama horizontal a distintos niveles de altura.



Facilidades del software

Análisis de la cobertura en la estación de radiolocalización en el diagrama vertical a distintos sectores.



Facilidades del software

Reporte tabulado de las estadísticas en un intervalo de tiempo con aplicación de varios filtros configurados.

- **Reporte datos MSSR. (Modo A, Cant, FIR)**
- **Reporte datos ADS. (Addr, Modo A, Cant, NIC, DO260, NAC, PIC, FIR).**
- **Porcentaje RBS/ADS/MIAT.**

The background image shows a detailed data table with multiple columns and rows, representing statistical data. The table is divided into several sections, likely corresponding to the reports mentioned in the text. The data includes various identifiers, dates, and numerical values, all presented in a structured tabular format.

Ejemplo de análisis de los datos procesados desde 01-01-2015 hasta 31-01-2015.

Reporte de estado de aeronaves en vigilancia Servicios Aeronáuticos ECASA

Tiempo Inicio: 2015-01-01 00:00 Tiempo Final: 2015-02-01 00:00

Reporte RBS

Mensajes Recibidos : 401436
Objetivos analizados : 60626
Criterios de filtraje
 T.Vuelo: 40380 (66.61%)
 Área: 26891 (44.36%)
 Nivel de vuelo: 55061 (90.82%)
 En región: 25225 (41.61%)
Objetivos filtrados : 25225 (100.00%)

Reporte ADS-B

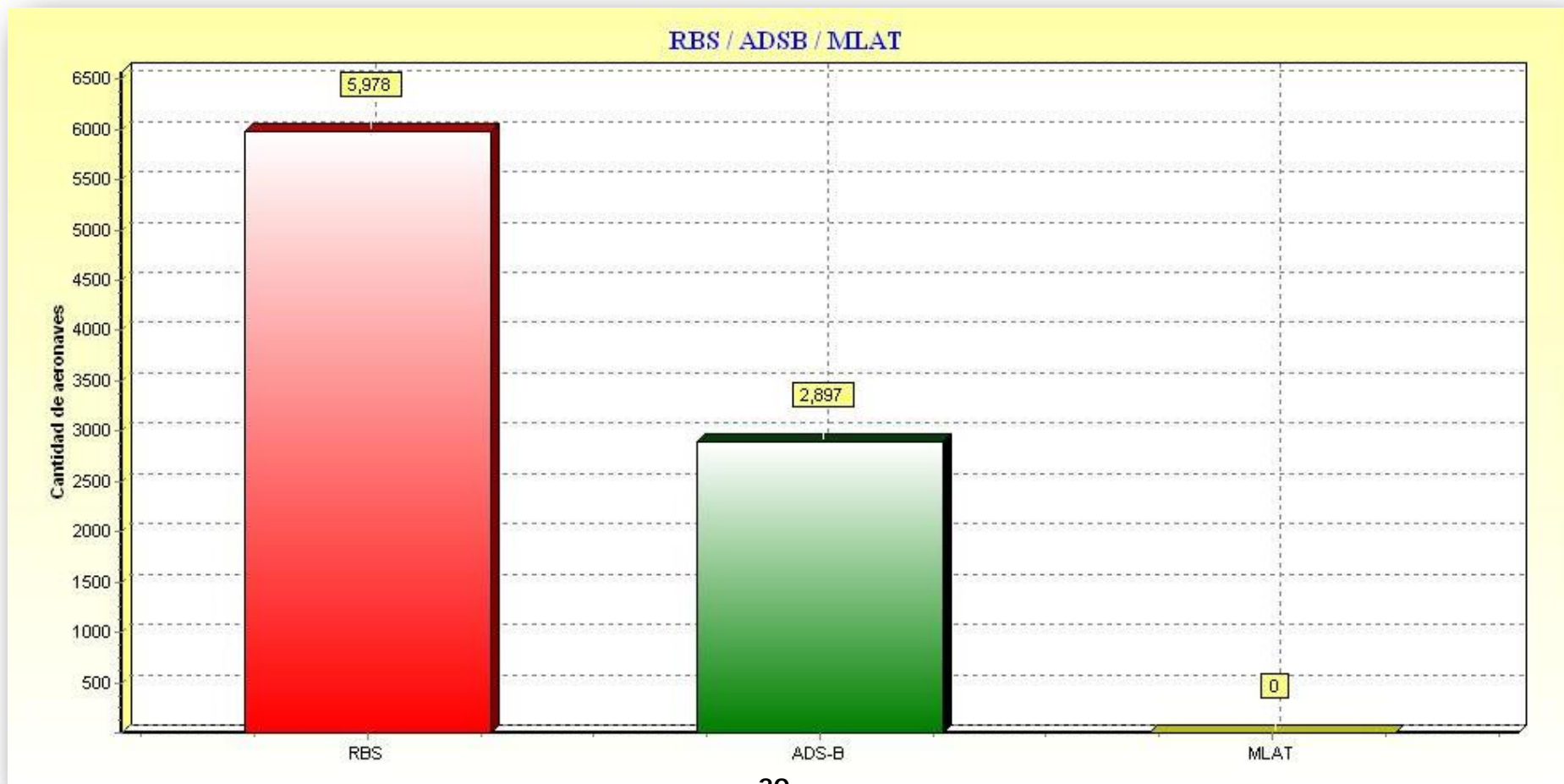
Mensajes Recibidos : 218518
Objetivos analizados : 32303
Criterios de filtraje
 T.Vuelo: 22892 (70.87%)
 Área: 16437 (50.88%)
 Nivel de vuelo: 31222 (96.65%)
 En región: 15267 (47.26%)
 NIC: 12967 (84.93%)
 DO260: 15267 (100.00%)
 Código 24bit OACI: 15267 (100.00%)
Objetivos filtrados : 12967 (84.93%)

General

| | A/C | ADSB | |
|--------------|-------|-------|-----------|
| Analizados : | 60626 | 32303 | (53.28%) |
| En región : | 25225 | 15267 | (60.52%) |
| Filtrados : | 25225 | 12967 | (51.41%) |

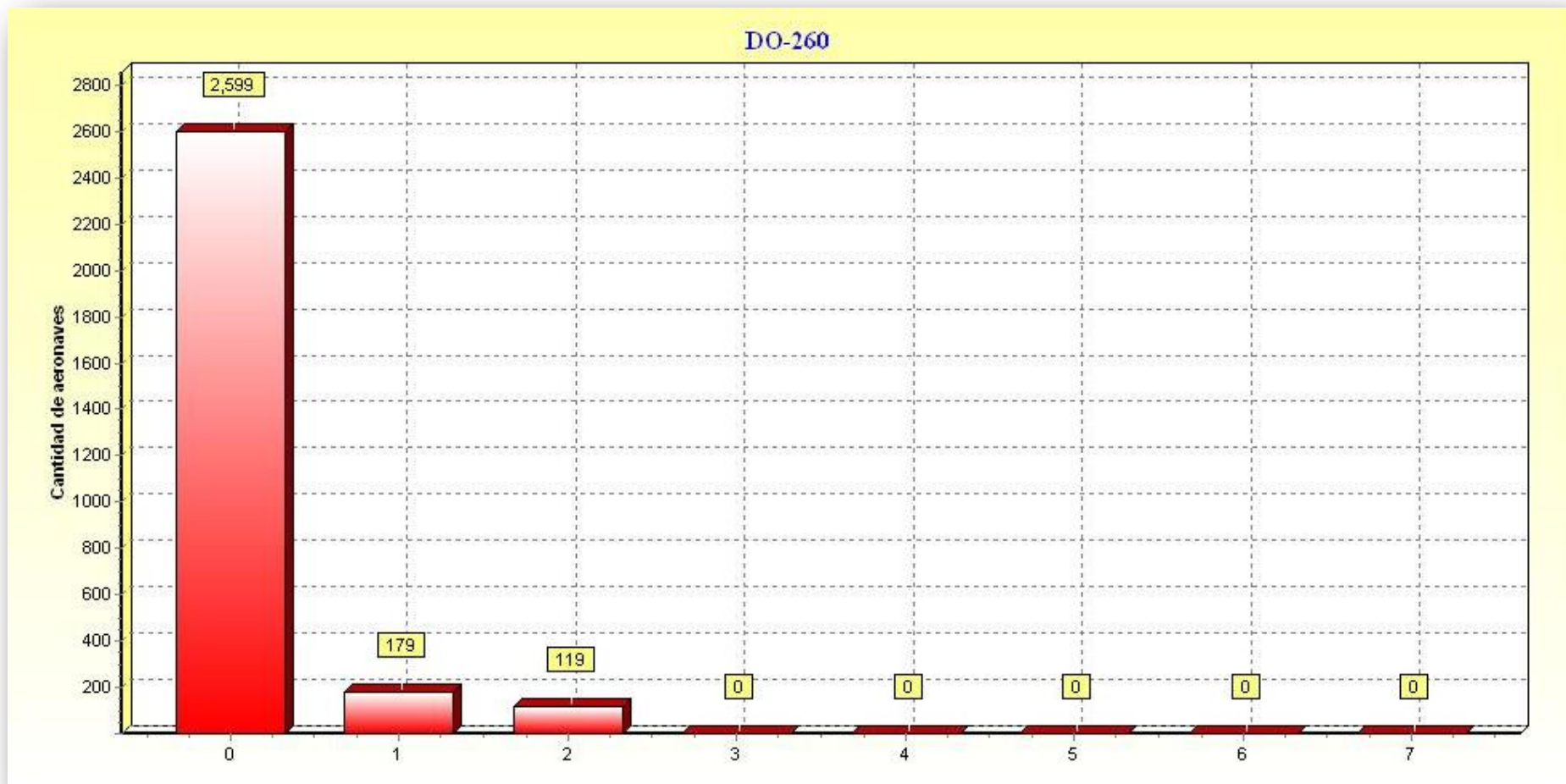
Facilidades del software

Gráficas de la variaciones en un intervalo de tiempo de distintos parámetros contables en la cobertura total del radar o dentro del FIR.



Facilidades del software

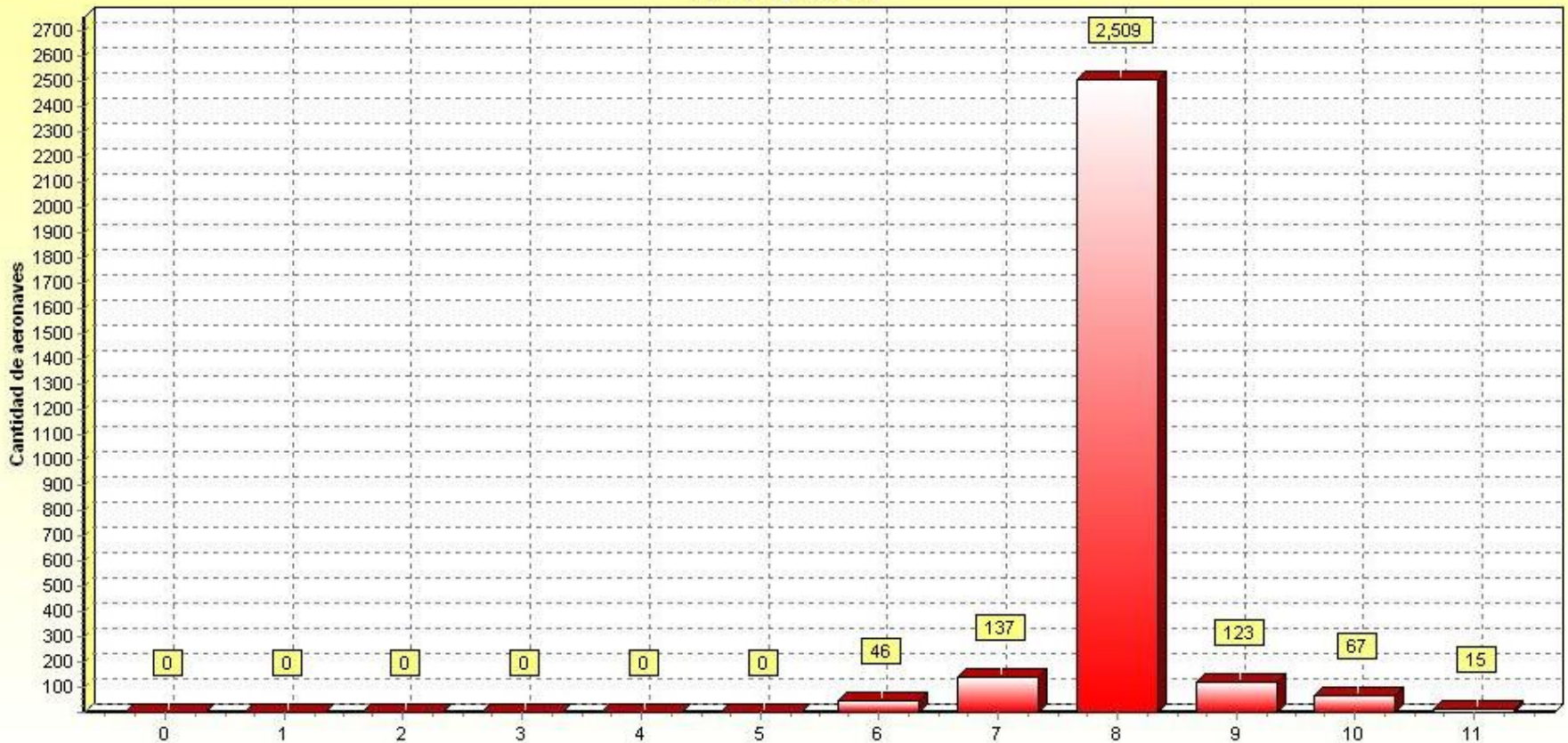
Gráficas de la variaciones en un intervalo de tiempo de distintos parámetros contables en la cobertura total del radar o dentro del FIR.



Facilidades del software

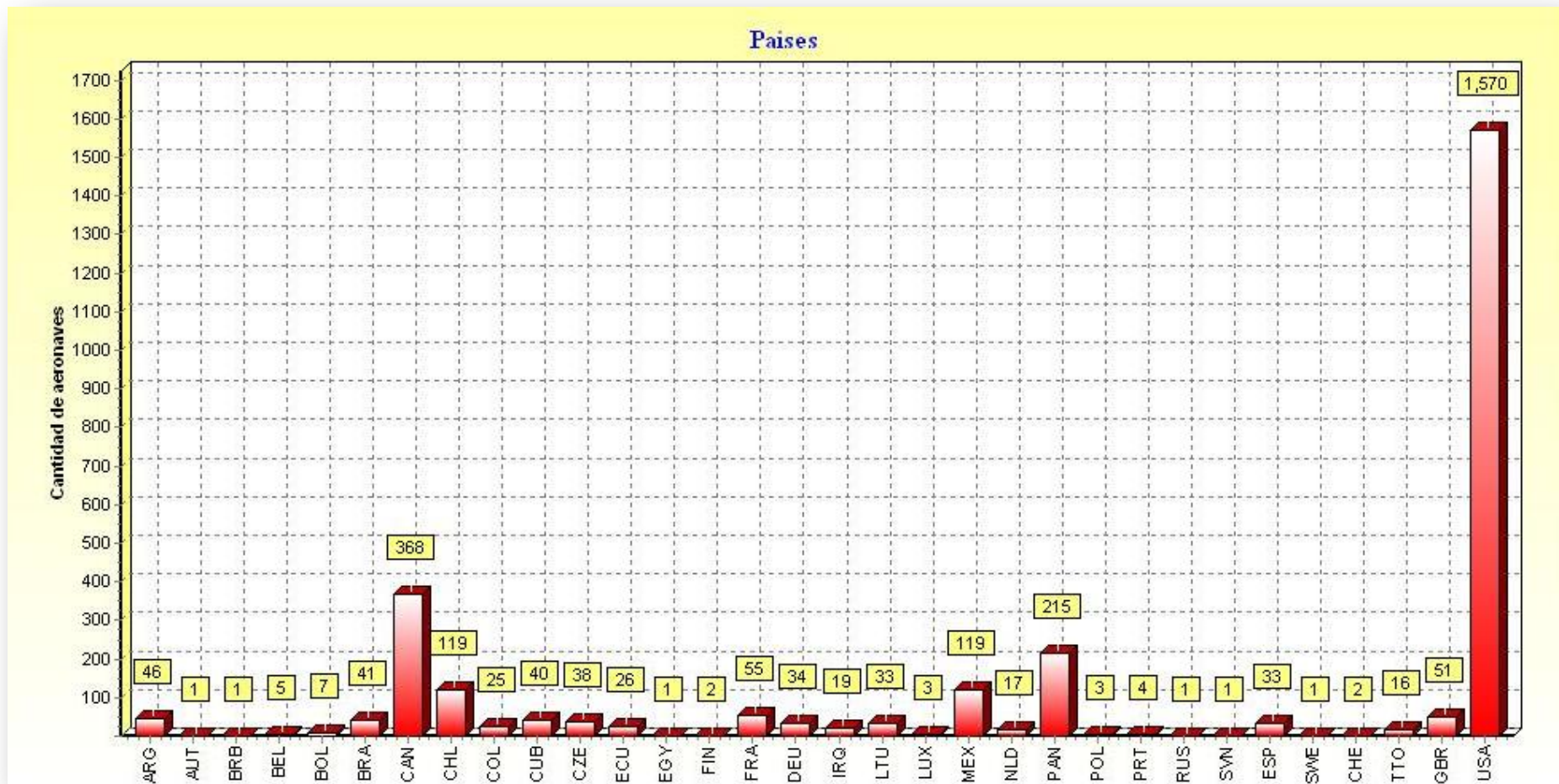
Gráficas de la variaciones en un intervalo de tiempo de distintos parámetros contables en la cobertura total del radar o dentro del FIR.

NIC de posicion



Facilidades del software

Gráficas de la variaciones en un intervalo de tiempo de distintos parámetros contables en la cobertura total del radar o dentro del FIR.

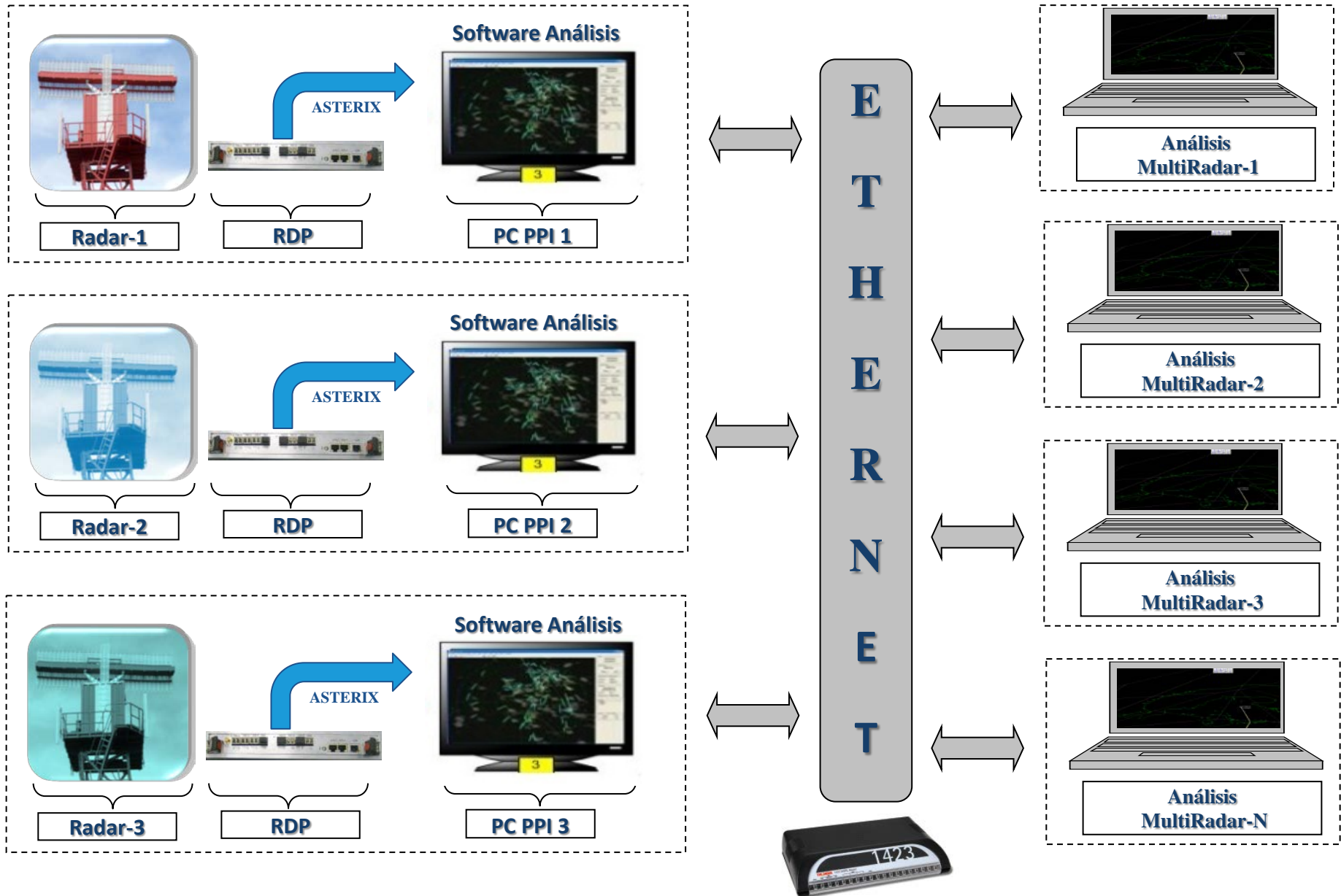


Facilidades del software

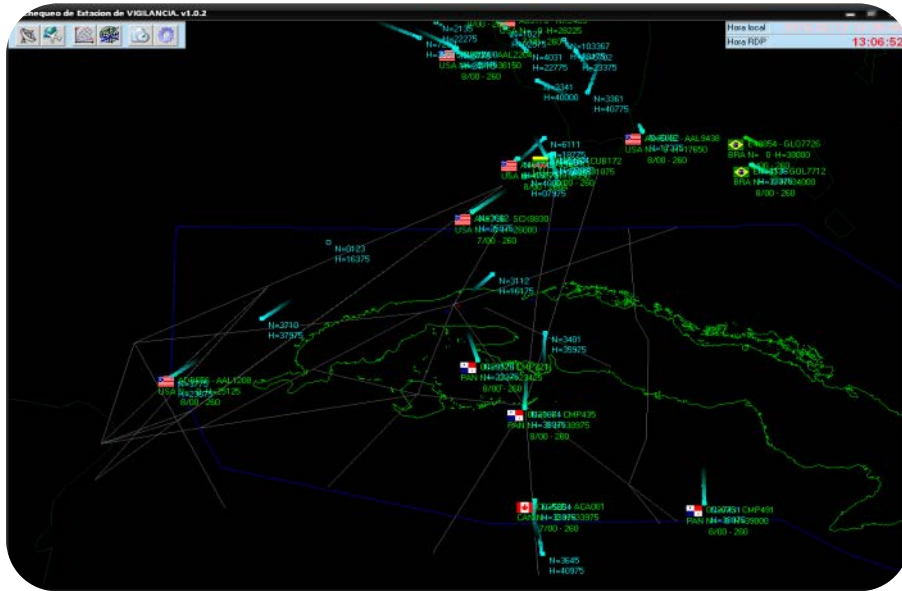
En desarrollo se encuentra:

- Análisis estadístico por aerolíneas.
- Análisis de los datos recibidos por MLAT.
- Cálculo de los niveles de precisión de las coordenadas.
- Análisis de los datos reales con el cálculo de las coberturas de los sistemas de vigilancia (MLAT VAR / MSSR Menocal).
- Implementación de todas las facilidades en el análisis multiradar.

Propuesta de implementación



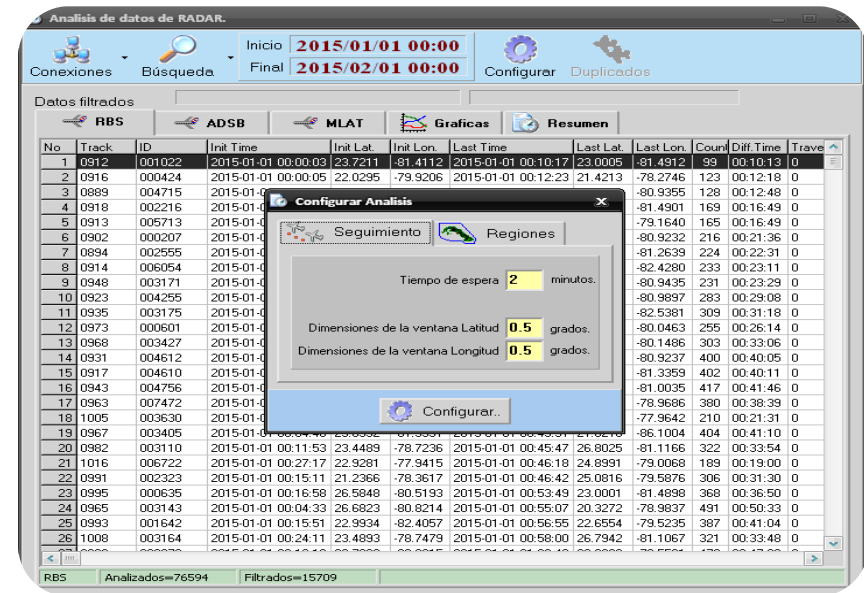
Estructura general.



PPI (Servidor)

- Representación.
- Análisis V y H.
- Procesamiento.
- Almacenamiento.
- Transmisión.

RD Analysis (Cliente)



- Procesamiento.
- Cálculo estadístico.
- Almacenamiento.
- Reporte.
- Graficas

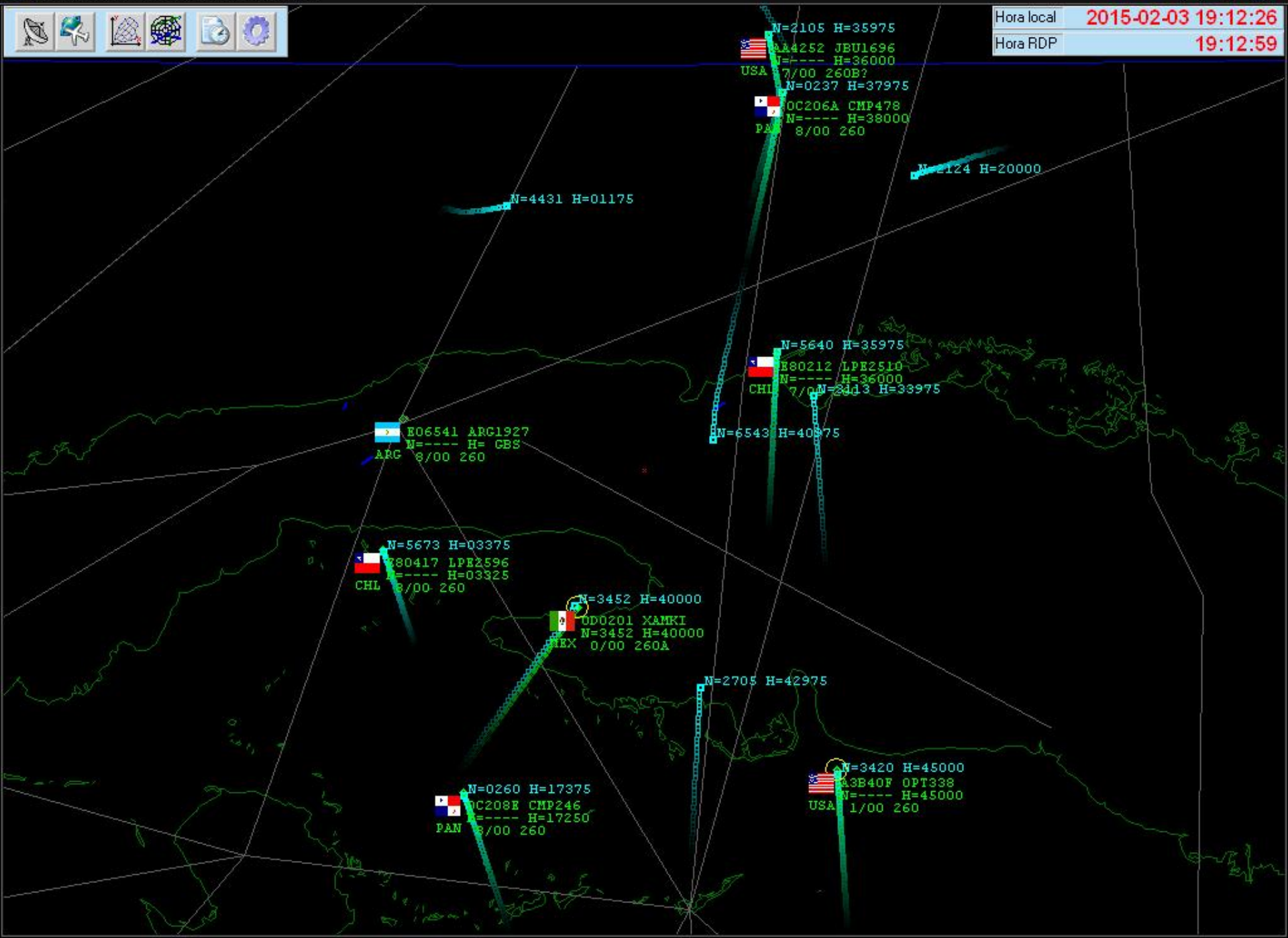
Ventajas de esta implementación

- Flexibilidad a los clientes para la configuración de los parámetros y el intervalo de tiempo que desee obtener.
- No existe necesidad de ninguna otra inversión en PC dedicada a esta tarea o medio de conectividad para garantizar el acceso.
- Minimiza el tráfico en la red de los datos para el análisis.

Representación.



Hora local 2015-02-03 19:12:26
Hora RDP 19:12:59



N=2105 H=35975
USA 4252 JBU1696
N=---- H=36000
USA 7/00 260B?
N=0237 H=37975
OC206A CMP478
N=---- H=38000
PAN 8/00 260

N=2124 H=20000

N=4431 H=01175

N=5640 H=35975
CHL 80212 LPE2510
N=---- H=36000
CHL 7/00 260
N=2113 H=33975

N=6543 H=40875

ARG 6541 ARG1927
N=---- H= CBS
ARG 8/00 260

N=5673 H=03375
CHL 80417 LPE2596
N=---- H=03325
CHL 8/00 260

N=3452 H=40000
MEX 00201 XAMKI
N=3452 H=40000
MEX 0/00 260A

N=2705 H=42975

N=0260 H=17375
PAN C208E CMP246
N=---- H=17250
PAN 8/00 260

N=3420 H=45000
USA 3B40F OPT338
N=---- H=45000
USA 1/00 260



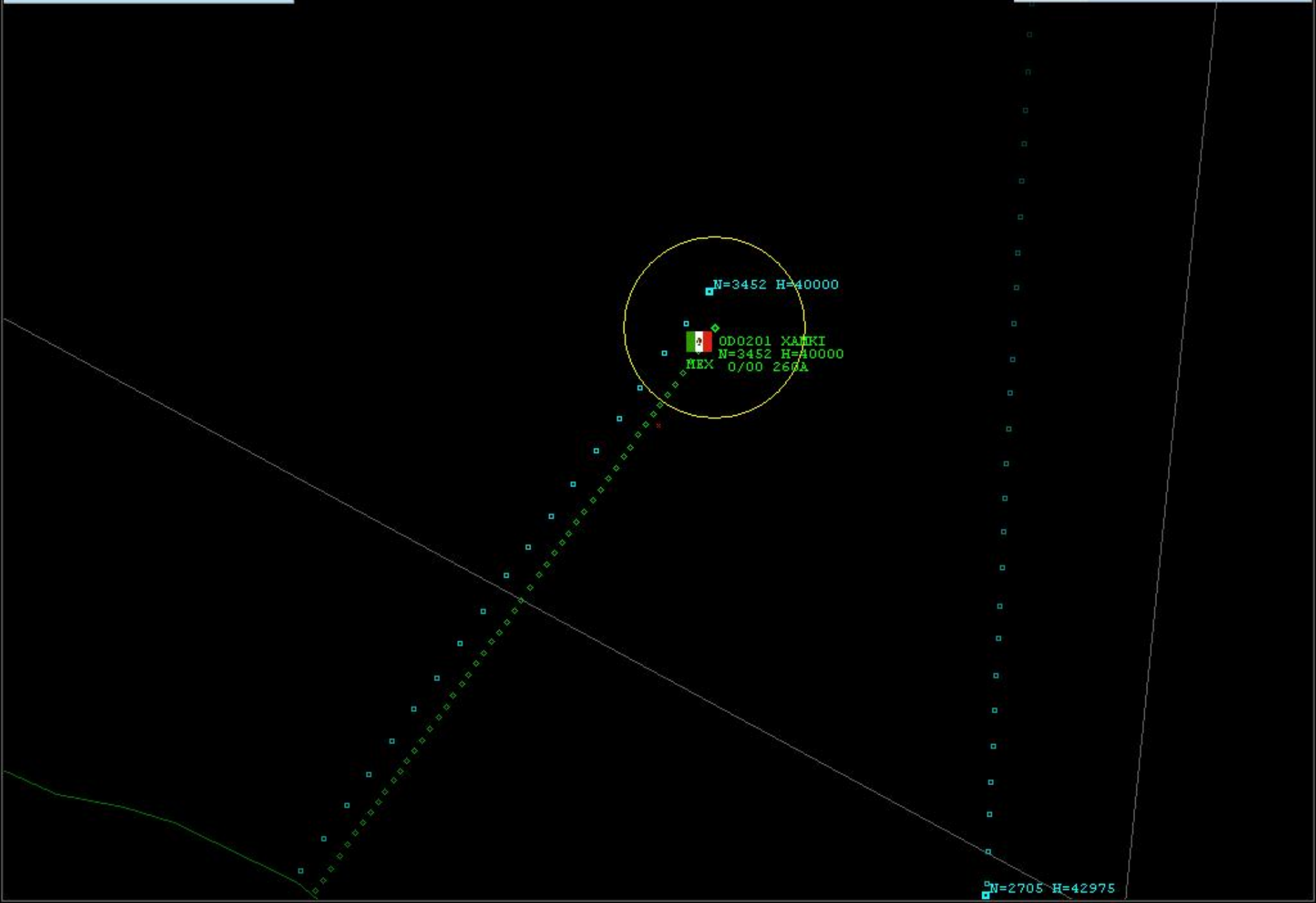
Hora local 2015-02-03 19:15:10
Hora RDP 19:15:24


0C208E CMP246
W=---- H=13550
PAN 8/00 260





Hora local 2015-02-03 19:16:04
Hora RDP 19:16:11



N=3452 H=40000

0D0201 XAMKI
N=3452 H=40000
MEX 0/00 260A

N=2705 H=42975



Hora local 2015-02-03 19:20:17
Hora RDP 19:20:40



E06541 ARC1927
N=--- H= CBS
ARC 8/00 260



E80417 LPR2596
N=--- H=00050
CHL 8/00 260

N=5673 H=00275



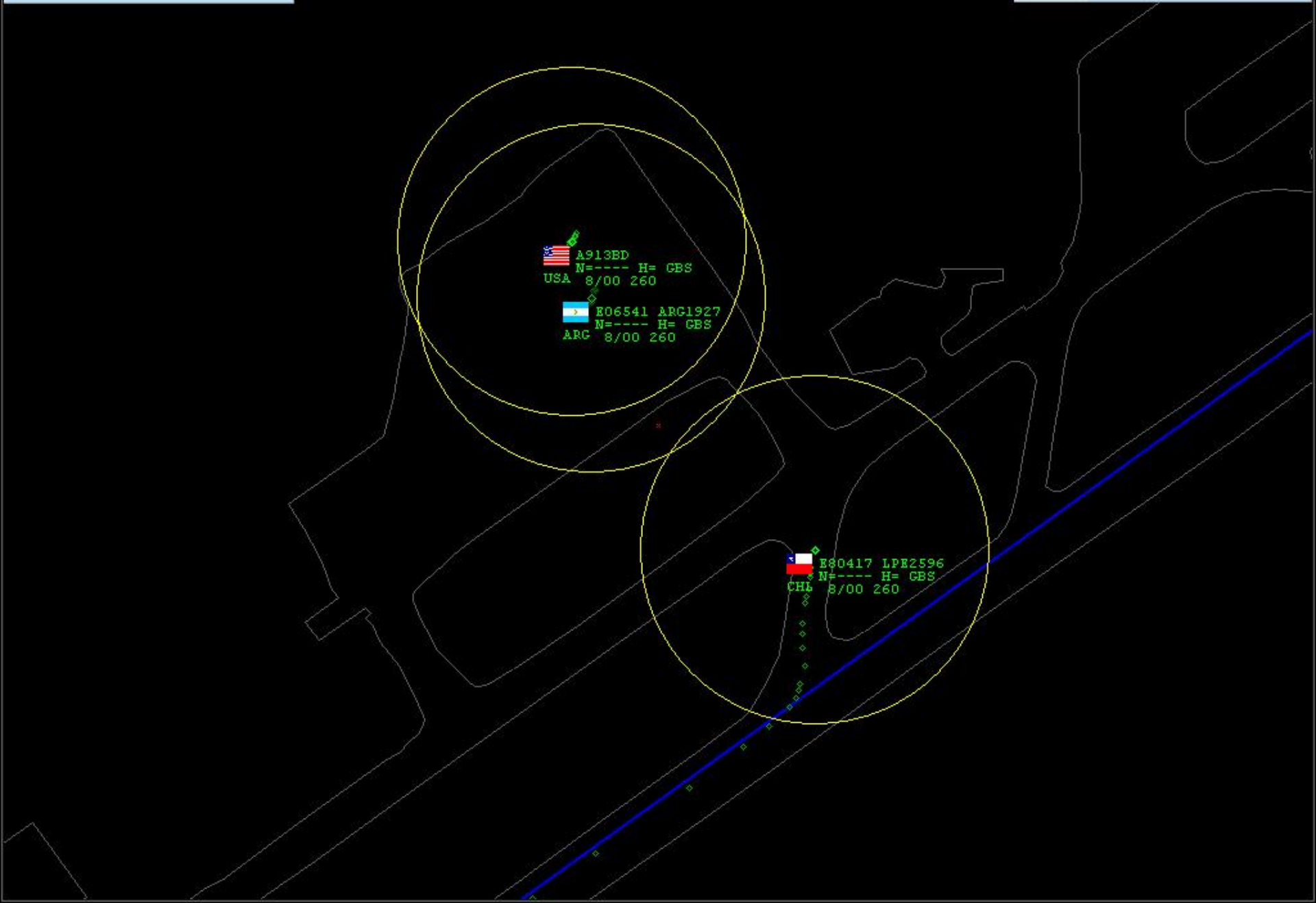
Hora local 2015-02-03 19:22:11
Hora RDP 19:22:25

A yellow circle highlights the station data for the USA and ARG. The data is as follows:

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|
|  | A913BD | |
| | N=---- | H= GBS |
| USA | 8/00 | 260 |
|  | E06541 | ARG1927 |
| | N=---- | H= GBS |
| ARG | 8/00 | 260 |

A yellow circle highlights the station data for Chile. The data is as follows:

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|
|  | E80417 | LPE2596 |
| | N=---- | H= GBS |
| CHL | 8/00 | 260 |





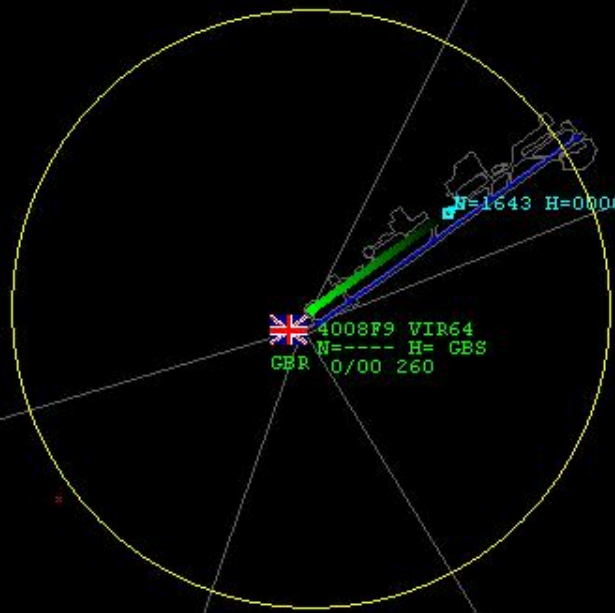
Hora local 2016-02-12 13:45:59
Hora RDP 13:28:39



Ejemplo de cambio de NIC.



Hora local 2015-02-03 01:09:23
Hora RDP 01:09:52



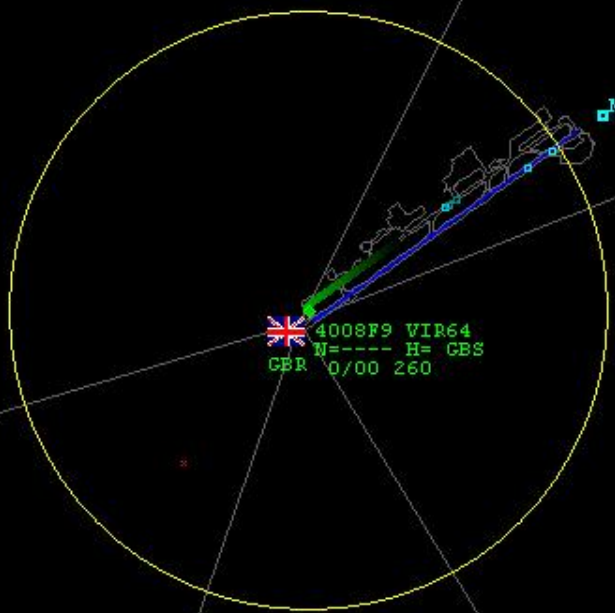
4008F9 VIR64
M----- H= GBS
GBR 0/00 260

N=1643 H=00000

N=2147 H=01875
E=4444F AEA051
N----- H=01850
ESP 7/00 260



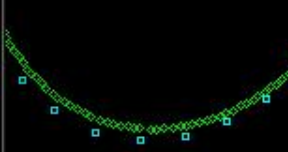
Hora local 2015-02-03 01:11:01
Hora RDP 01:11:04



4008F9 VIR64
N----- H= CBS
GBR 0/00 260

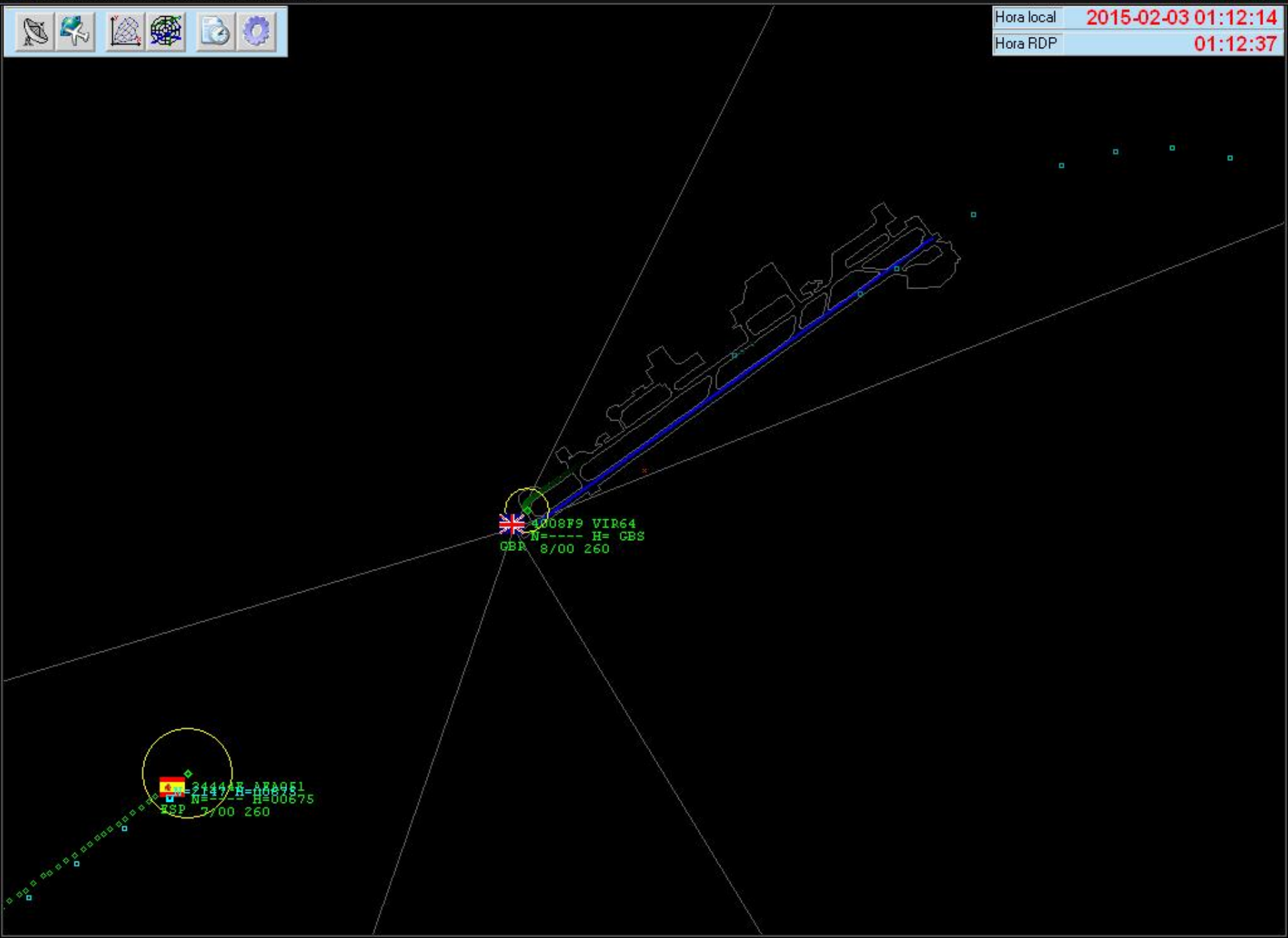
N=1643 H=00475

N=2147 H=01775
24444F AEA051
N----- H=01850
ESP 7/00 260





Hora local 2015-02-03 01:12:14
Hora RDP 01:12:37

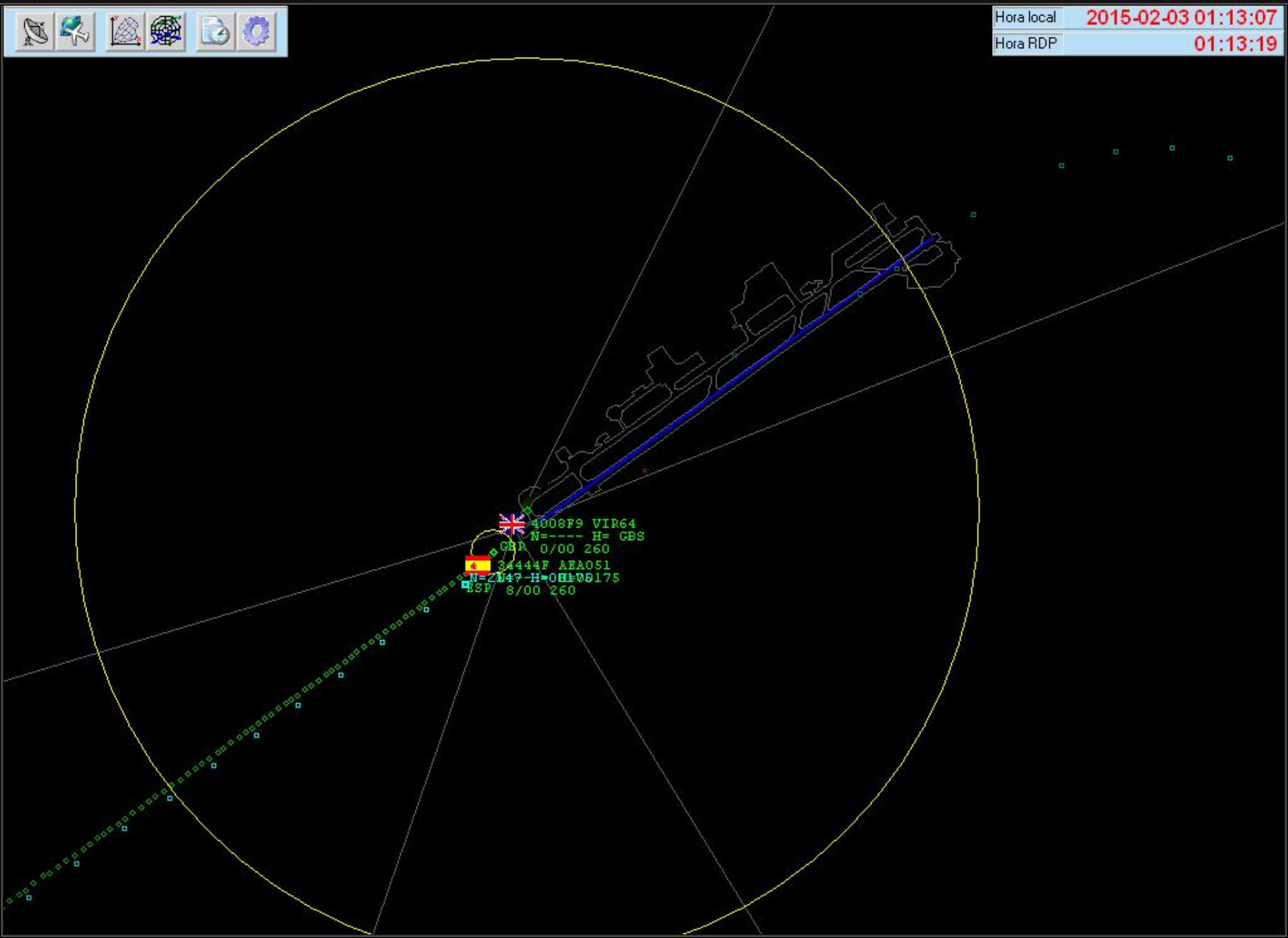


🇬🇧 4008P9 VIR64
M----- H= CBS
GBR 8/00 260

🇪🇸 2144P5 A7A951
M----- H=00875
ESP 7/00 260



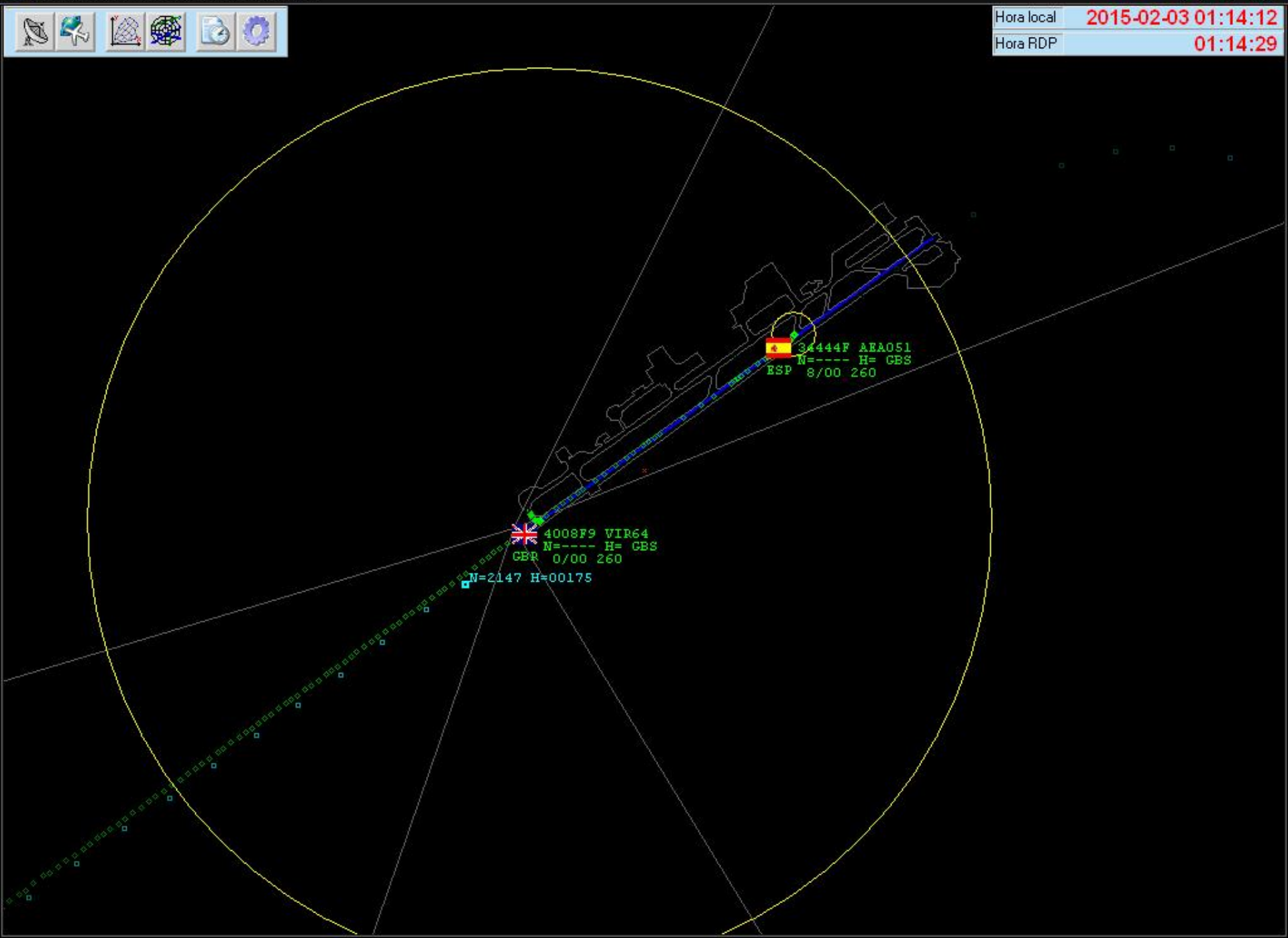
Hora local 2015-02-03 01:13:07
Hora RDP 01:13:19



4008F9 VIR64
N=---- H= CBS
CPR 0/00 260
34444F ABA051
N=2047 H=00105175
CSP 8/00 260



Hora local 2015-02-03 01:14:12
Hora RDP 01:14:29



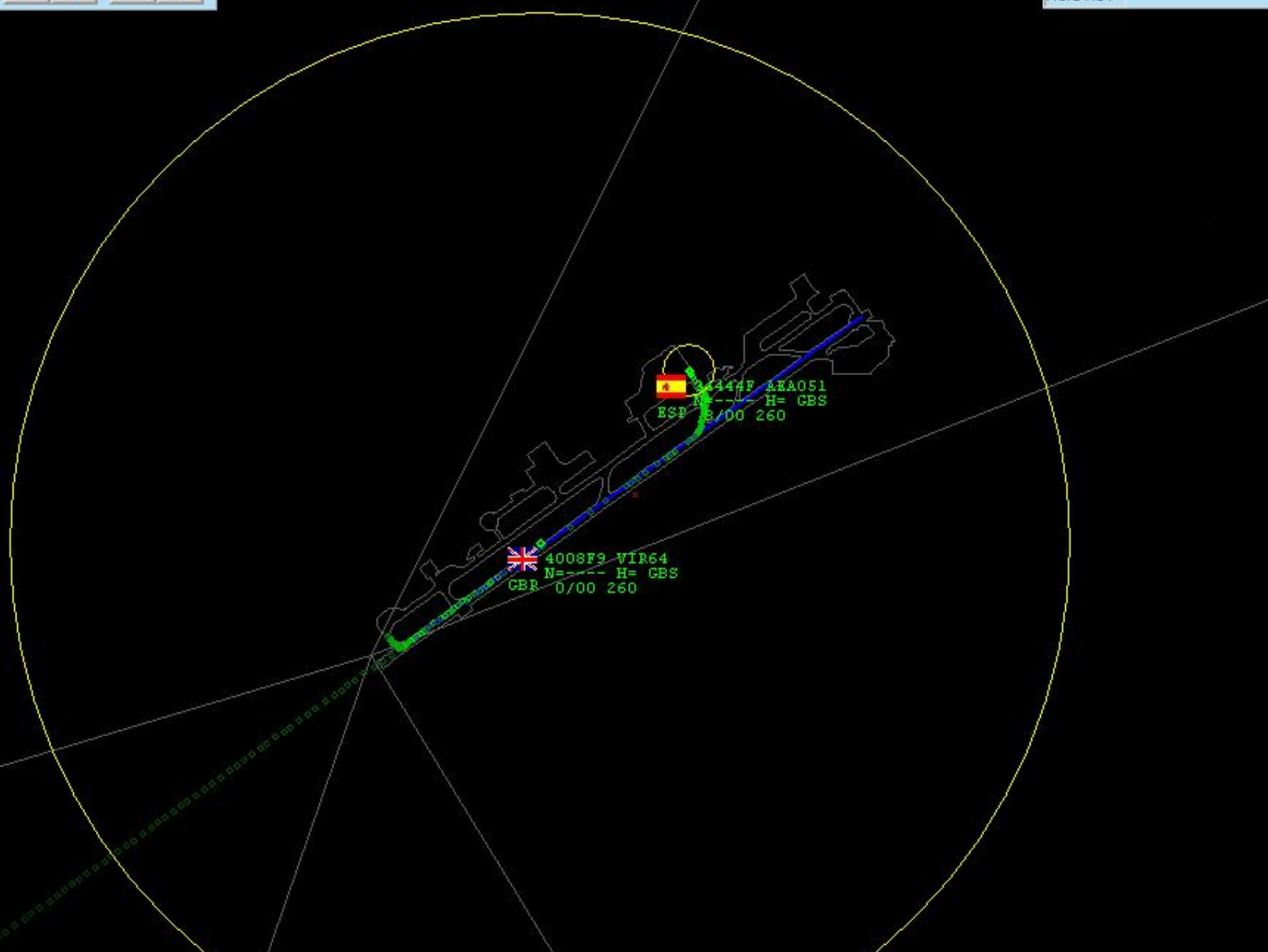
34444F AEA051
N----- H= CBS
RSP 8/00 260

4008F9 VIR64
N----- H= CBS
CER 0/00 260

N=2147 H=00175



Hora local 2015-02-03 01:15:13
Hora RDP 01:15:29



3444F LRA051
N=--- H= CBS
ESP 8/00 260

4008F9 VIR64
N=--- H= CBS
GBR 0/00 260



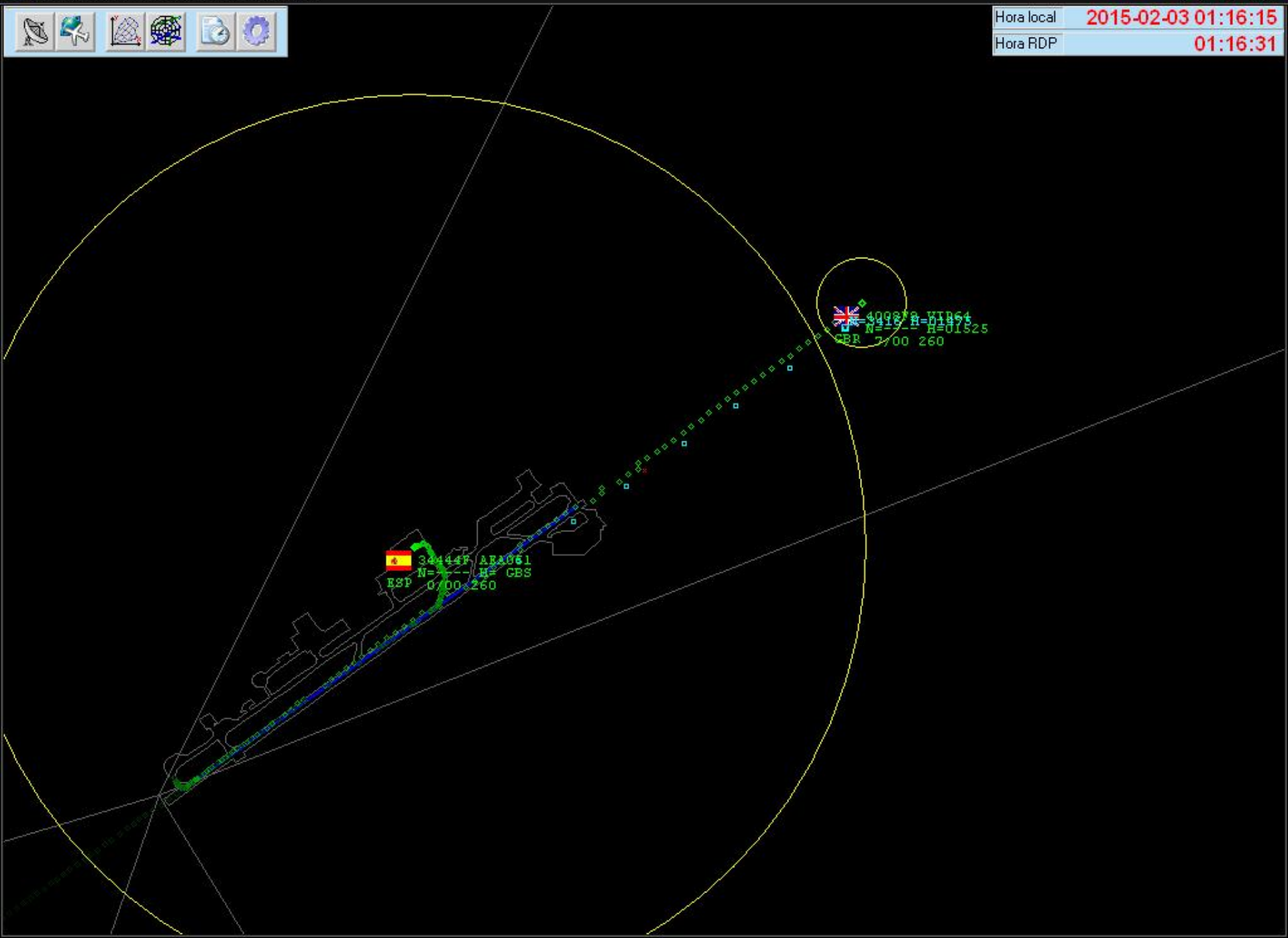
Hora local 2015-02-03 01:15:22
Hora RDP 01:15:49



| | |
|------------|--------------|
| 447 AEA051 | |
| N=--- | H=CB |
| ESP | 000879 VIR64 |
| N=--- | H=00275 |
| CBR | 7,00 260 |



Hora local 2015-02-03 01:16:15
Hora RDP 01:16:31



 3444F ARA061
N=--- H= CBS
ESP 0/00 260

 40087A WID64
N=--- H=01525
GBR 7/00 260

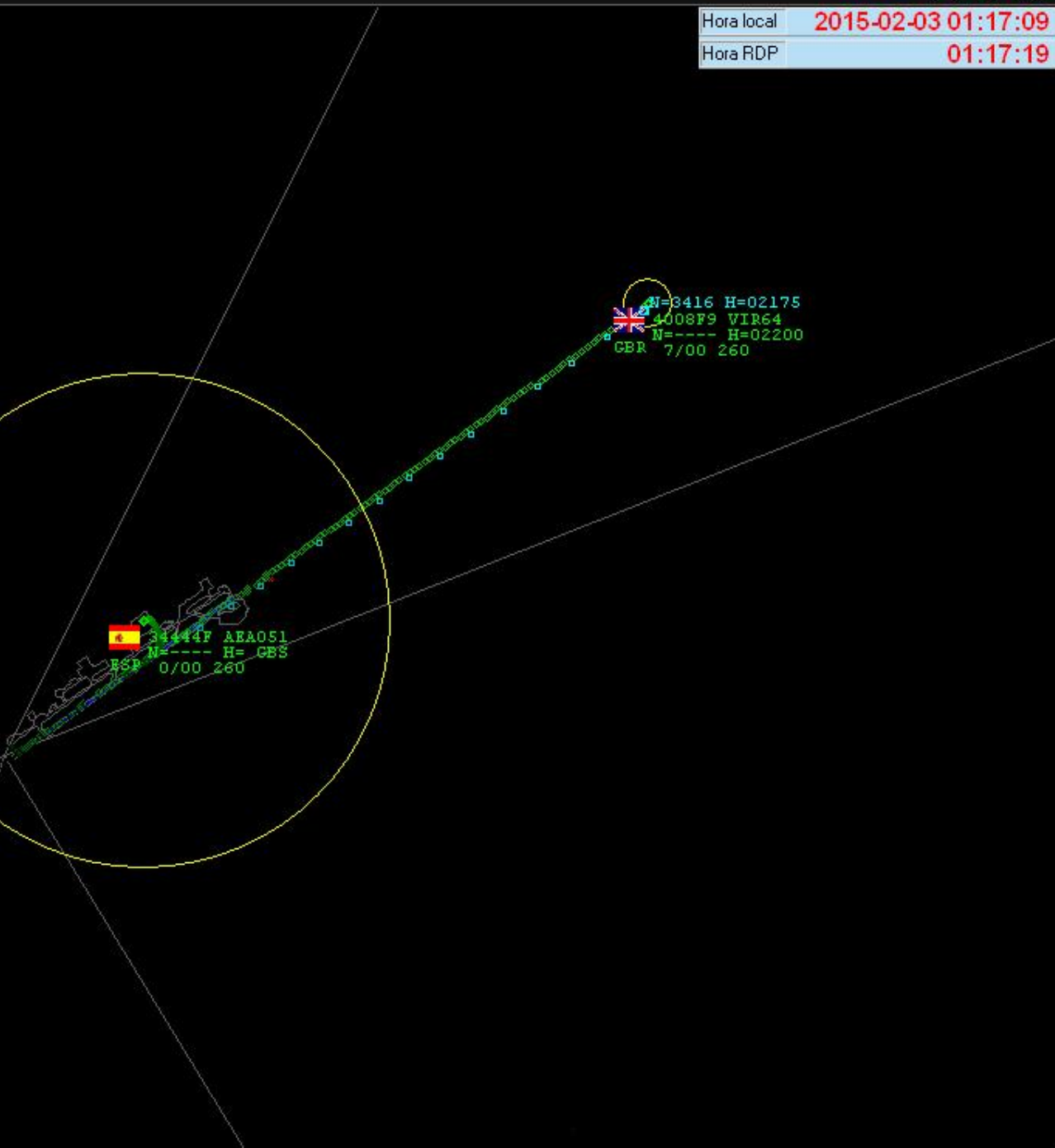


Hora local 2015-02-03 01:17:09
Hora RDP 01:17:19



34447 ABA051
ESP N----- H= GB'S
0/00 260

W-3416 H=02175
4008F9 VIR64
N----- H=02200
GBR 7/00 260




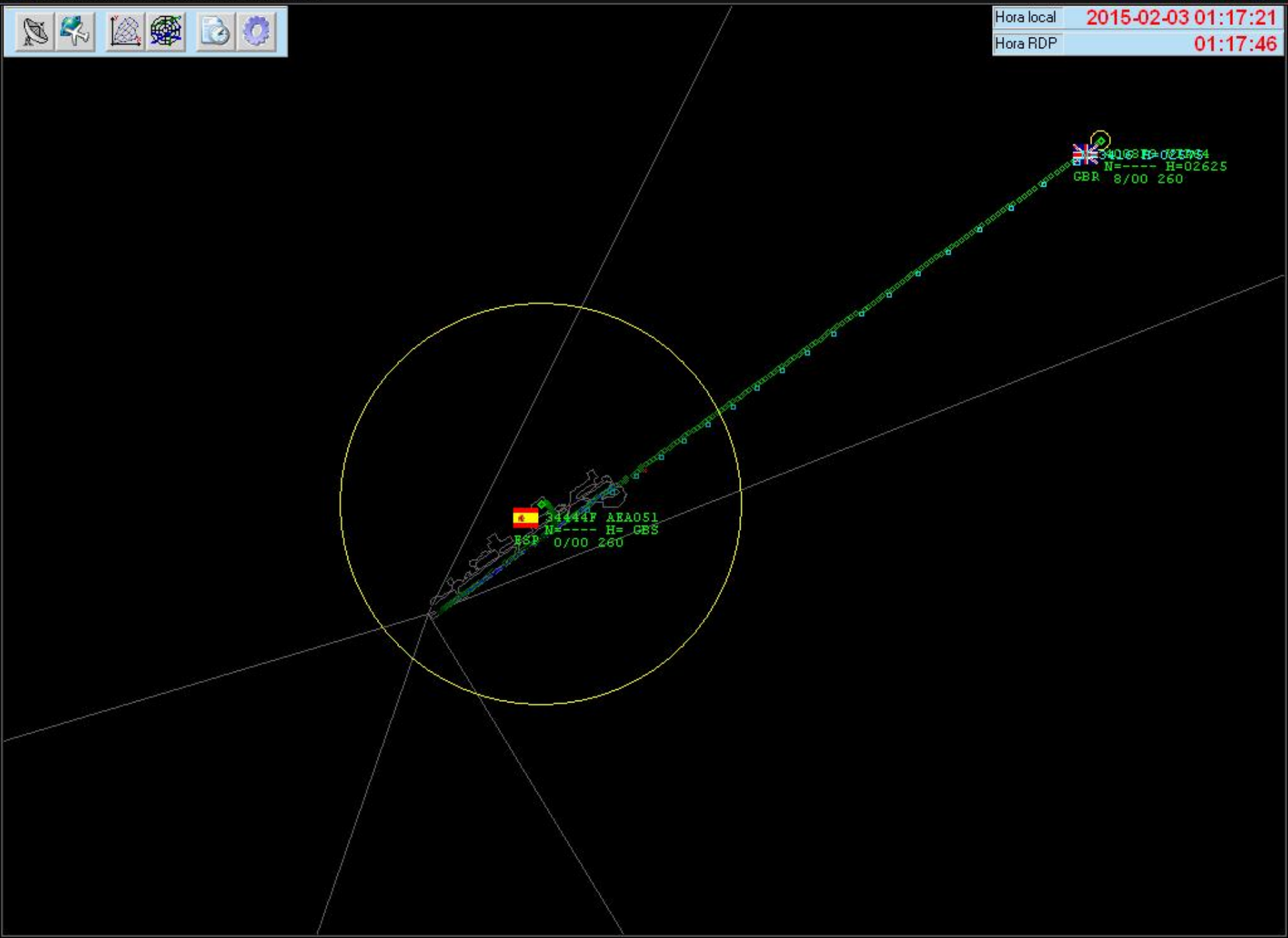


Hora local 2015-02-03 01:17:21
Hora RDP 01:17:46



 34444F ABA051
N=---- H=GBS
ESP 0/00 260

 34088F 021954
N=---- H=02625
GBR 8/00 260



Conclusiones

- Son totalmente configurables los criterios de búsqueda, los cuales son utilizados para el procesamiento que definirá el seguimiento de cada aeronave, permitiendo que de forma cuantitativa se valore realmente las aeronaves en detección por cada estación de vigilancia.
- Se sigue la premisa fundamental de no perder un solo dato transmitido por la estación y poder evaluar las estadísticas de manera más precisa, además de lograr un análisis más exhaustivo para conformar la cobertura de detección (diagrama vertical y horizontal).
- Con un seguimiento del análisis de la cobertura del radar, se permite determinar posibles anomalías en la detección.

Recomendaciones

- Continuar el estudio actualizado de la evolución del ADS. (DO-260, DO-260A, DO-260B, ...).
- Solicitud de una base de datos actualizada y global que contenga la asociación del código 24bit OACI hacia tipo de aeronave, aerolínea, etc.
- Implementar una tarea técnica con las exigencias a los distintos niveles para lograr una mayor estandarización.
- Potenciar el análisis de cobertura y precisión de los sistemas de vigilancia (MSSR, ADS, MLAT).

¡Gracias!